MEDDELELSER

FRA

DET NORSKE SKOGFORSØKSVESEN

NR. 37

(BIND X, HEFTE 3)

Reports of

The Norwegian Forest Research Institute

REDAKTØR:

PROFESSOR ERLING EIDE

GJØVIK

GRØNDAHL & SØNS BOKTRYKKERI

OSLO 1950

DET NORSKE SKOGFORSØKSVESEN, VOLLEBEKK, NORGE

IVAR SAMSET

Hogstundersøkelser i norsk granskog.

Cutting Studies in Norwegian Spruce Forest.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Innledning	399
Markarbeidet	400
Inndeling av hogsttiden	411
Klassifisering av hogstforholdene	413
Materialets overføring på hullkort	421
Arbeidsteknikk	423
Hogstutbytte og virketid ved manuelt arbeid	427
De enkelte deloperasjoner	429
Den samlede hogsttid ved treet	446
Arbeidsordning	452
Pulsmålinger	461
Felling og kapping med motorsag	470
De enkelte deloperasjoner	472
Virketid og arbeidsplass-tid ved treet	494
Lagordningen	499
Økonomiske forhold ved motorsagen	508
Tabeller	514
Cutting Studies in Norwegian Spruce Forest	547
Litteraturfortegnelse	595

INNLEDNING

Formålet med nærværende undersøkelse er å gi en analyse av hele arbeidet med hogst av barket virke i normale ensaldrede granskogbestand, når hogsten utføres av gode yrkesopplærte hoggere. Det er ikke meningen å søke å fastsette noen normal hogstprestasjon, men vi har søkt å finne hvorledes hogstutbyttet varierer med forskjellige dimensjoner, skogtyper, og klimaforhold, og i hvilken grad de forskjellige deloperasjoner påvirker hogstutbyttet. Videre har vi søkt å belyse hvorledes hogstutbyttet kan økes ved bruk av motorsag under deloperasjonene felling og kapping.

Dr. Birger Tvedt har vært konsulent under planleggelsen av den fysiologiske del av undersøkelsen, og han har sammen med forfatteren skrevet kapitlet om arbeidsteknikk og en del av kommentarene i kapitlet om pulsmålinger.

Det betydelige beregningsarbeid er gjennomført på statistikkmaskiner for hullkort. Beregningen er foruten av forfatteren utført av forstkandidat Kjell Wibstad, assistent Kjell Bering, fru Daisy Lydersen, Åge Gudim, Egil Jachwitz, Bjørn Lier, Gunnar Thommassen, samt ved hullkortmaskinene: Fru Berit Pettersen, Bjørn Haugen og Einar Johannesen.

Dr. Per Ottestad har gitt en del gode råd i forbindelse med variansanalysen, og dr. agric. Alf Langsæter har lest gjennom en del av beregningene. Professor Erling Eide og professor dr. Elias Mork har lest igjennom arbeidet.

Jeg vil hermed få bringe alle mine medarbeidere og andre som har bistått med positive råd og vink min beste takk.

Likeledes rettes en takk til funksjonærer og arbeidere ved Eidsvold Værk for deres gode hjelp og samarbeid under markarbeidet, samt til konsul Herman Heiberg, brukseier Trygve Jonsen, disponent Jersin og direktør Otto Staib som lånte ut motorsager til forsøkene.

MARKARBEIDET

Undersøkelsen foregikk i Eidsvold Værks skoger i Lundberg, Skabland og Asakskogen skogdistrikter. Feltene ble valt ut i mest mulig normale granskogbestand, med en beliggenhet fra ca. 300—650 m o. h. Det ble foretatt tynningshogster innen hogstklasse III og IV og foryngelseshogster (skjermtrestillingshogster og snauhogster) innen hogstklasse V.

Det ble i alt uttatt 32 hogstfelter, hvorav 20 lå i li- eller dalskog med forholdsvis lang kvistren stamme og stor relativ høyde hos trærne. 12 hogstfelter lå i åsskog, hvor trærne var stygge og kvistete med lav relativ høyde. Se fig. 1, 2 og 3.

Både i liskogfeltene og åsskogfeltene ble det foretatt tynnings- og foryngelseshogster, og disse arbeider ble i begge tilfelle foretatt på barmark med tinet bark hos trærne og på vinterføre.

I alle hogstfeltene er terrenget jevnt og pent uten sjenerende vanskeligheter.

Hvert hogstfelt ble kartlagt på forhånd, og det ble stukket ut 30 meter brede parallelle teiger, slik at hver av hoggerne fikk sin teig.

På disse felter ble det i alt ført tidsnoteringer over hogst av 6373 trær. Tabell 1 viser hvorledes treantallet fordeler seg på forskjellige dimensjoner og relative høyder.

Hogstundersøkelsen foregikk i tidsrommet 1. november 1947 til 15. mai 1948.

I alt deltok det ca. 45 hoggere under markarbeidet, men antallet varierte etter den arbeidsordning som ble undersøkt. Ved markarbeidets begynnelse ble det holdt et 3 ukers instruksjonskurs, hvor det medvirket 5 arbeidsinstruktører. Etter en teoretisk undervisning med foredrag og filmframvisning, ble hoggerne instruert i en god arbeidsteknikk i marken ved bruk av øks, svans og barkespade, idet vi så vidt mulig forsøkte å

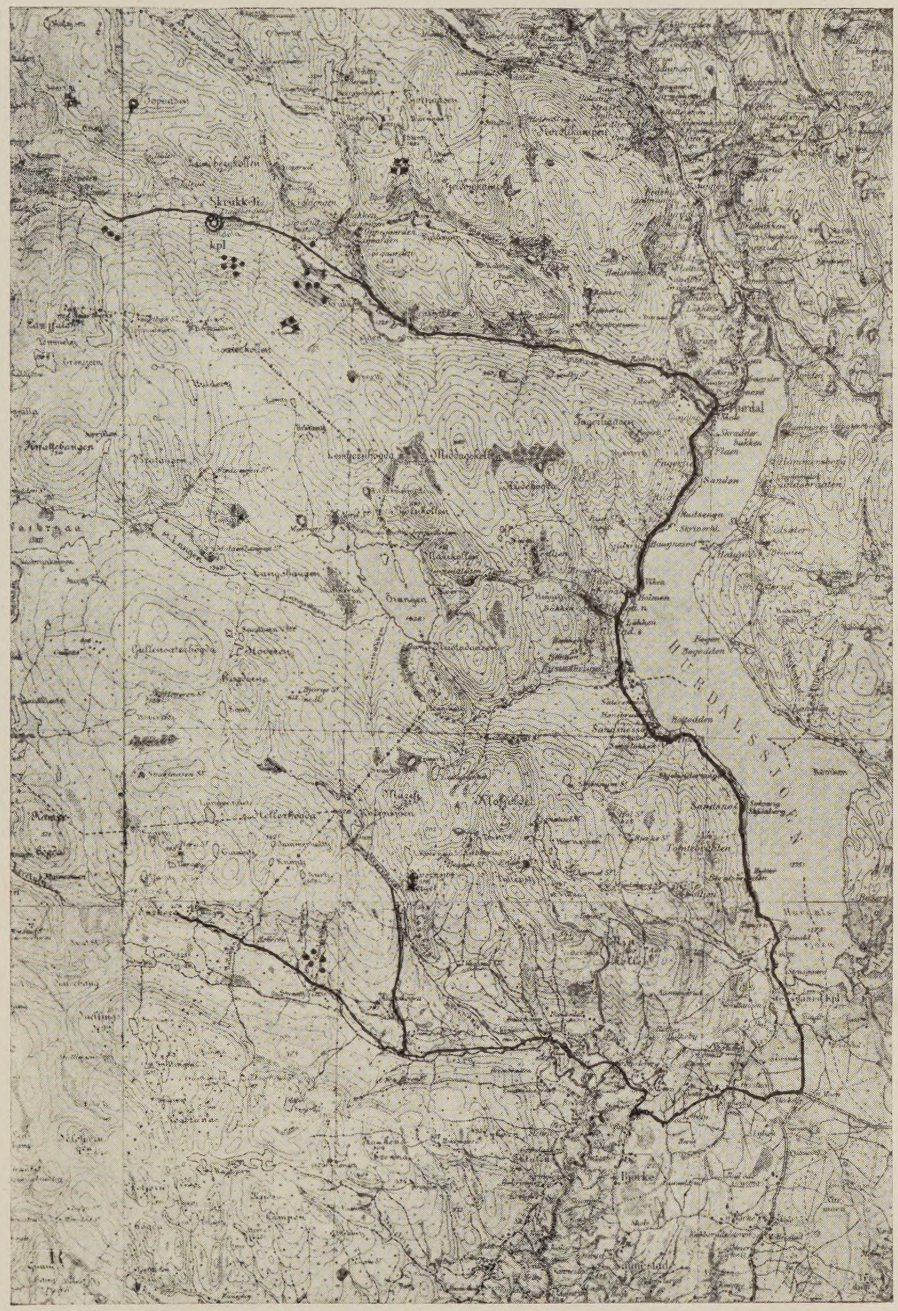


Fig. 1. Kart over hogstfeltenes beliggenhet.
Map of locations of cut-over areas.
● = Hogstfelter i liskog. *Cut-over areas in slope forests.*
✱ = Hogstfelter i åsskog. *Cut-over areas in upland forests.*
(o) = Redskapssentralen. *Central workshop.*

Foto: Widerøe.

Fig. 2. Flyfotografi av hogstfelter i liskog.
Air photographs of cut-over areas in slope forests.

bygge videre på den teknikk de vante hoggere hadde på forhånd. Dessuten ble det lagt vinn på å sette hoggerne inn i arbeidsrasjonaliseringens tankegang, slik at de lærte seg en god planlegging av arbeidet. Det bør i denne forbindelse nevnes at en instruktør hadde virket blant hoggerne i en del tidligere hogstsesonger, med opplæring i redskaps-skjøtsel og noe hogst-teknikk, så de allerede på forhånd hadde litt kjennskap til disse ting.

Under instruksjonskurset ble hver enkelt hoggers arbeidsteknikk og arbeidsmetode studert. Vi kunne derfor etter hvert peke ut i alt 17 hoggere som senere ble fulgt med detaljert tidsstudium hele driftssesongen. Undersøkelsen formet seg altså som en stikkprøvemetode, idet de registrerte hoggere hele

Foto: Widerøe.

Fig. 3. Flyfotografi av hogstfelter i åsskog.
Air photographs of cut-over areas in upland forests.

tiden arbeidet sammen med de av deres arbeidskamerater som ikke ble undersøkt. Det var hogst i gang på 4 forsøksfelter samtidig, hvor de ca. 45 hoggere var fordelt. 11 av de undersøkte hoggere foretok manuelt hogstarbeid hele vinteren, bortsett fra et par spesialperioder, da en del av dem fikk bruke motorsag. De øvrige fungerte som motorsagere, men også hos disse ble det manuelle hogstarbeid undersøkt.

De av hoggerne som ble motorsagere, hadde på forhånd brukt motorsag (2-manns sag) og gjennomgikk dessuten et instruksjonskurs for motorsagere før markarbeidet tok til.

Selve undersøkelsene begynte 21. oktober, men den første

måned er registreringen av motorsagene ikke tatt med i bearbeidingen for at motorsagerne skulle få tilstrekkelig øvelse.

Vi må kunne regne med at det innsamlete materiale refererer seg til gode yrkesopplærte hoggere, fordi vi hadde anledning til å foreta et godt utvalg blant skogsarbeidere og fordi disse fikk en god instruksjon på forhånd. Tabell 2 side 515 gir en del opplysninger om de undersøkte hoggere.

På hogstfeltene var det hvilestuer, hvor hoggerne kunne ha det varmt under spisepausene. For å holde standardredskap ble disse innkjøpt på forhånd og utlånt til hoggerne. Disse typer ble valt:

Sandvikens Bredby håndsag (svans).
Mustads økser nr. 15, vekt 1,2 kg uten skaft.
VSA's barkespade, vekt uten lodd 0,67 kg uten skaft.
med lodd 0,85 » » »

En del av hoggerne hadde før brukt tyngre økser, men samtlige foretrakk den lettere øksetype etter instruksjonskurset.

Under barkingen arbeidet hoggerne med pendlende bevegelse. De foretrakk derfor å kappe barkespadens skaft, slik at det var 1,1—1,2 meter langt, målt fra barkespadens egg.

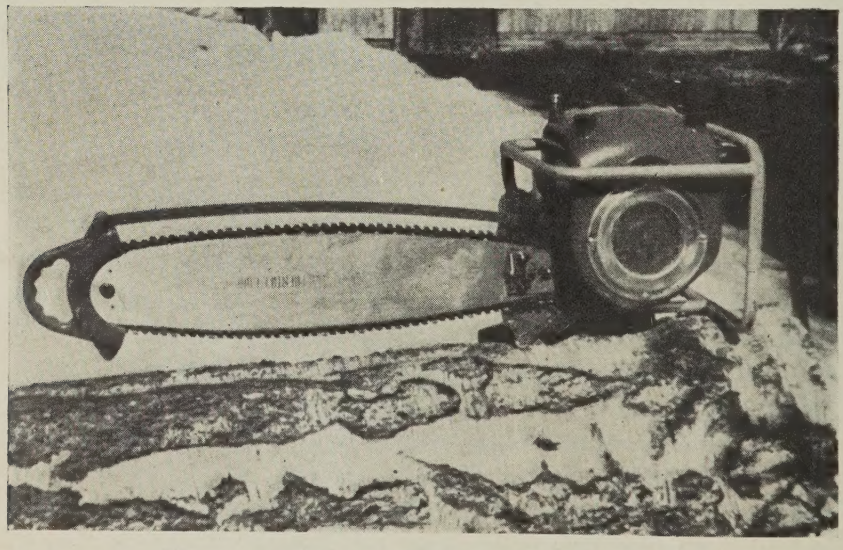


Fig. 4. Timberhog (Reed Prentice) motorsag.
Timberhog (Reed Prentice) power saw.

Samtlige var begeistret for barkespaden, men en del av dem ble sår på den hånd som er nærmest barkespadens egg, særlig når barken var tykk og tinet, fordi barkespaden mangler beskyttelsesanordning. Dette ble forebygget ved å anvende arbeidshansker. De fleste av hoggerne mente at den barkespade som veier 0,85 kg u/skaft var best skikket i tinet bark.

I seig og frossen bark var spaden etter hoggernes mening for lett, og det ble derfor prøvd 2 typer tyngre lodd, slik at spaden veide 1,34 kg u/skaft og 1,50 kg u/skaft.

De fleste av hoggerne foretrakk de middels store lodder, når det var seig og frossen bark. Når disse lodder ble brukt måtte barkespaden utbalanseres ved et blystykke i den bakre ende av skaftet, idet barkespaden bør henge omtrent vannrett med svak overvekt i den fremste ende når den henges opp der hvor man holder den fremste hånden under arbeidet. Det ble brukt skafter av granvirke, og med en god utbalansering ble følgende vekter foretrukket på en fullt montert barkespade (iberegnet skaft og lodder).

Tinet bark	ca. 1,35 kg
Seig og frossen bark	» 1,90 »

Fig. 5. Precision Parts motorsag.
Precision Parts power saw.

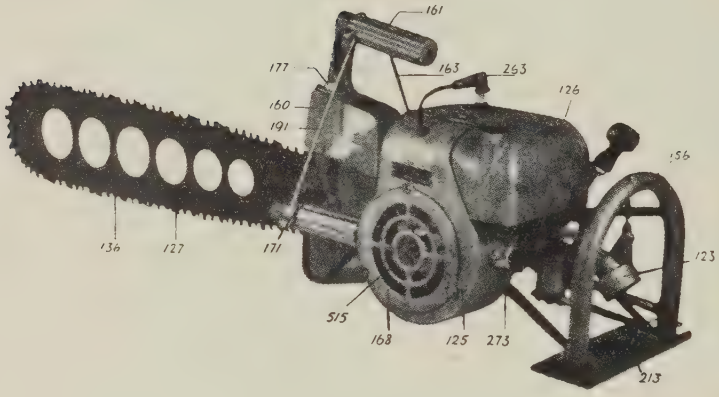


Fig. 6. Power Universal motorsag.
Power Universal power saw.

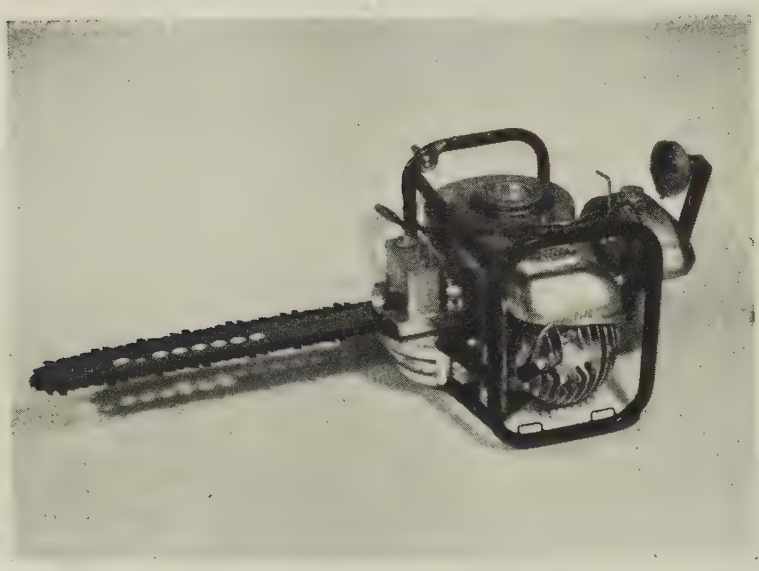


Fig. 7. Jobu motorsag.
Jobu power saw.

Svansen ble brukt både til deloperasjonene felling og kapping. For øvrig besto utstyret av en 2 meter skant, og en vendhake (på hogstfelter med stor middel-dimensjon hos trærne).

Disse motorsager ble undersøkt ved deloperasjonene felling og kapping (se tabellen neste side og fig. 4—8).

Motorsag *Chain saw*	Vekt kg *Weight kg*		Sylinder-boring *Cylinder-bore* mm	Stemplets slaglengde *Piston stroke* mm	Motor-effekt *Power*		Sverd *Blade*	
	Tom tank *Without oil and gasoline*	Full tank *Including oil and gasoline*			*H K H P*	Omdr/min. *R P M*	Lengde *Length* cm	Bredde *Breadth* cm
Timberhogg Reed Prentice	27,2	28,7	51	51	4	4 500	60	18
Precision Parts	23,3	24,8	44	52	3,5	4 000	45	Sagbue Bow frame
Power Universal	17,6	18,4	50	45	3	4 000	50	16
Jobu	16,8	17,3	51	60	4,5	3 000	46	10
(Jobu prototyp)	20,0	20,8	50	50	—	—	30 & 45	10

En nærmere beskrivelse av dem finnes under kapitlet om motorsager.

Med økonomisk støtte fra Eidsvold Værk ble det innredet en redskapssentral for under forsøkene å holde alle redskapene i god stand. På redskapssentralen arbeidet 2 yrkesopplærte redskapsskjøttere, og en 3dje medvirket leilighetsvis for å eksperimentere med sommer- og vinteroppsetting av håndsagene og sagkjedene. Disse ble oppsatt 2 ganger pr. uke. Økser og barkespader ble reparert på sentralen hvis det var større skader, f. eks. skall i eggen, brukket skaft osv. mens det vanlige vedlikehold av disse redskaper ble overlatt hoggerne.

I skogen måtte derfor skiftes redskap 2 ganger pr. uke, slik at hoggerne i Lundberg og Skabland skogdistrikter måtte ha 2 sett håndsager og sagkjeder hver (et på sentralen og et i skogen), og hoggerne i Asakskogen måtte ha 3 sett redskaper hver, p. gr. a. den tungvinte forsendelse dit. Dessuten var det et reservesett med redskap i skogen hos hvert av hoggerlagene.

På redskapssentralen foregikk også større vedlikeholdsarbeider og reparasjoner av motorsagene, mens småreparasjoner og vanlig

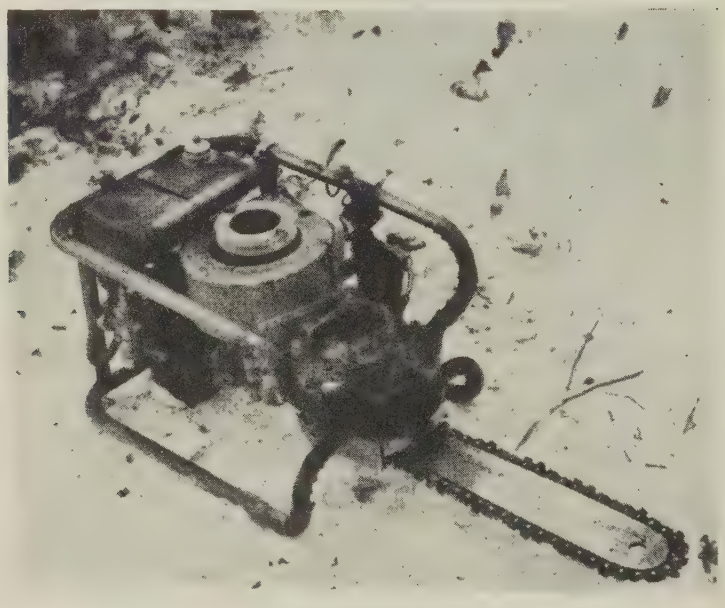


Fig. 8. Jobu Prototyp motorsag.
Jobu Prototype power saw.

Fig. 9. Redskapssentralen.
Central workshop.

vedlikehold ble overlatt til motorsagerne. Fig. 1 side 401 viser redskapssentralens beliggenhet i forhold til hogstfeltene.

Samtlige hoggere roste sterkt redskapssentralen, og var enige i å kunne betale en rettferdig del for å overlate redskapsstellet til en slik sentral.

Undersøkelsen i marken ble utført som et detaljert tidsstudium, i det alle de deloperasjoner som hogstarbeidet består av ble notert med 1/100 minutts nøyaktighet. Tidsstudiet foregikk etter null-punkt-metoden, fordi deloperasjonene i tømmerhogst vil falle i uregelmessig rekkefølge så de ikke kan bestemmes på forhånd, slik som ved serieproduksjon i industrien. Som første kontroll på tidsstudiet ble klokketiden ved begynnelsen og avslutningen av arbeidet med treet notert, og hvis summen av deltidene hadde en større avvikelse enn 3 % fra den samlete klokketid ved treet, ble skjemaet kassert. Det viste seg at bare noen få skjemaer behøvde å kasseres, størsteparten av dem hadde en avvikelse på mindre enn 1 %.

Gjennom hele driftssesongen ble det hver 14. dag, eller i ca. 8,3 % av den undersøkte arbeidstid foretatt pulsmålinger på hoggerne. I stedet for tidsstudiene, ble pulsen tellet på

hoggerne for hver enkelt av deloperasjonene. Pulsslagene ble målt ved at tidsstudiemennene følte på hoggernes halspulsåre, og tellet antall pulsslag i 10 sekunder ved avslutningen av hver deloperasjon, eller ved avslutningen av hver del av en deloperasjon, hvis denne ble avbrutt av en eller flere andre deloperasjoner. Samtidig ble deloperasjonens omtrentlige lengde notert, som kontroll ved innføring i tidsstudiet. Dessuten ble deloperasjonenes rekkefølge nummerert, så det kunne gi et bilde av hoggernes planlegging av sitt arbeide. På «pulsmålingsdagene» ble foretatt den samme beskrivelse av hvert enkelt tres dimensjon, tretype, samt skog og klimaforhold som på «tidsstudiedagene».

For å gjennomføre tidsstudiet var det nødvendig å lære opp 12 skogteknikere som derfor gjennomgikk et kurs for tidsstudiemenn. Kurset ble holdt av Det norske Skogforsøksvesen i lokalene ved Yrkesskolen for Skogsarbeidere. Kurset varte i 14 dager, og det ble gått igjennom grunnlaget for arbeidsrasjonaliseringen, litt arbeidsfysiologi, formålet med nærværende undersøkelse, samt arbeidsstudieteknikk med stoppeklokke. Markarbeidet begynte umiddelbart etter kurset, og de 3 uker instruksjonen av tømmerhoggerne varte ble samtidig benyttet til øvelser for tidsstudiemennene. De utfylte tidsstudieblanketter ble stadig kontrollert og sammenliknet, så deloperasjonene og grensene mellom dem skulde bli bedømt likt.

Da selve undersøkelsen begynte, fikk hver av de 11 tidsstudiemenn tildelt sine hoggere som de fulgte gjennom hele driftssesongen. En tidsstudiemann reiste mellom de øvrige for å koordinere tidsstudiene. Det ble oppnådd et godt samarbeid mellom tidsstudiemann og hogger, og alle hoggere erklærte at de ikke ble sjenert i sitt arbeid p. gr. a. tidsstudiene. Det bør i denne forbindelse nevnes at den store interesse som hoggerne viste for denne undersøkelse bidro i høy grad til at arbeidet kunne gjennomføres med et godt resultat uten uregelmessigheter av noe slag.

Undersøkelsen ble planlagt slik at det i hele driftssesongen ble studert vekselvis rent manuelt arbeid og arbeider i forbindelse med motorsag, 2 dager av den første og 2 dager av den andre arbeidsmåten. For arbeider i forbindelse med motorsagene, ble følgende arbeidsordninger studert.

1-manns sager:

1. Spesial-arbeider med motorsag, som utførte deloperasjonene felling og kapping. Et arbeidslag fulgte etter og utførte de øvrige deloperasjoner.
2. Motorsagene ble brukt av en mann som utførte både felling og kapping med motorsagen, og de øvrige deloperasjoner med håndredskap.
3. 3 hoggere arbeidet sammen om motorsagen så hver av dem brukte motorsagen etter tur til felling og kapping. De utførte de øvrige deloperasjoner med håndredskap på de trær de selv hadde felt. Sagen ambulerte altså mellom de 3 hoggere.

Arbeidsordning 1 og 2 ble undersøkt for alle enmannssagene, mens arbeidsordning 3 bare ble undersøkt for Power Universal.

2-manns sager:

4. Samme arbeidsordning som under punkt 1.
5. 2 mann arbeidet sammen om motorsagen, idet de felte 2 eller flere trær av gangen og utførte de øvrige deloperasjoner på disse.
6. 4 mann arbeidet sammen om motorsagen idet denne ambulerte mellom 2 og 2 av dem. Hoggerne utførte selv de øvrige deloperasjoner på de trær de felte.

Alle disse arbeidsordninger ble studert for begge 2-mannssager som var med i forsøkene.

INNDELING AV HOGSTTIDEN

Under planleggingen av tidsstudiet over hogstarbeidet, er disse definisjoner på arbeidsområde og tidsinndeling benyttet:

1. Arbeidsprosess. For å gjennomføre en viss arbeidsoppgave må en utføre en arbeidsprosess. Den tid som medgår til dette kalles tjenestetiden. Ved tømmerhogsten omfatter tjenestetiden hele den tid som skogsarbeideren er beslaglagt av arbeidsgiveren til dette arbeid.

2. Arbeidsoperasjon. En arbeidsprosess består av flere arbeidsoperasjoner, f. eks. fellarbeidet og opparbeiding av tømmeret til sortimenter.
3. Deloperasjon. Hver arbeidsoperasjon deles videre opp i flere deloperasjoner. Fellingen består f. eks. av deloperasjonene rydding, fellhogg, saging osv. Deloperasjonene er de minste enheter av arbeidet som ble registrert med stoppeklokka.

Tidene for å utføre de enkelte deloperasjoner kan grupperes i hovedtid, hjelpetider og tapstider.

Hovedtiden er den tid som direkte medgår til å bearbeide eller forandre et produkt så vel i form som i beliggenhet, f. eks. saging, kvisting, barking, eller flyttingen av stokken under håndlunning.

Hjelpetiden er den tid som bare indirekte medgår til bearbeiding eller forandring av produktet, f. eks. rydding, treets fall, klemming osv. under fellingen.

Tapstidene medgår hverken direkte eller indirekte til bearbeiding eller omforming av produktet, de er altså for så vidt produksjonshemmende, f. eks. hvilepauser, redskapsstell, motorstopp. Tapstidene er dels nødvendige og dels unødvendige.

Den skjematiske oversikt side 414 viser hvorledes tjenestetiden er oppdelt for hogstarbeidet, samt hvilke deloperasjoner som forekommer. I denne undersøkelse behandles bare arbeidsplasstiden, som omfatter den tid hoggerne arbeider på arbeidsplassen.

Sammen med måltider og middagshvil (raster), gangtid mellom forlegning og arbeidsplass (forflytningstid) og forberedelse morgen og kveld, utgjør denne tid produksjonstiden.

Når produksjonstiden blir tillagt reisetiden hjemmefra til forlegning, innstillingstiden (tiden til istandgjøring på forlegningen ved driftssesongens begynnelse), provianteringstiden, og kojetiden (den tid hoggerne ikke arbeider p. gr. a. dårlig vær) framkommer hoggernes tjenestetid.

Arbeidsplasstiden er inndelt i virketid som omfatter den produktive tiden ved og omkring treet, og tapstidene. Den videre oppdeling framgår direkte av skjemaet side 414. Det bør nevnes at «kvisting», «aptering», «kapping», «barking», «kolling», merking» (innhogging av midtmålsmerke på stokken) «skriving» (skriving av hoggernes navn i stokkenden) og «håndlunning» er felles betegnelser for både hovedtid og hjelpetider. «Barking» består f. eks. av barking hovedtid og barking hjelpetid, (henting av barkespaden og gang langs treet for å påbegynne barkingen.) Hvis hoggeren går langs hele treet, så tiden ikke kan henføres til en bestemt stokk blir tiden notert i rubrikken «tretider m. v.».

I rubrikken «noteringer» føres tiden for hoggernes egne notater av hogstutbyttet. For øvrig henvises til den skjematiske oversikt.

KLASSIFISERING AV HOGSTFORHOLDENE

Tidsstudiet og pulsmålingene ble ført i trykte skjemaer, ett for hvert tre. Det ble videre ført en detaljert beskrivelse av treets dimensjoner og vanskelighetsfaktorene:

Brysthøydediameter med bark på midlere kant i hele og halve cm.

Stubbediameter uten bark på midlere kant i hele og halve cm.

Stokkenes midtmål uten bark på bredeste kant.

Stokkenes lengde i meter og desimeter.

Bultens og toppens lengde i desimeter.

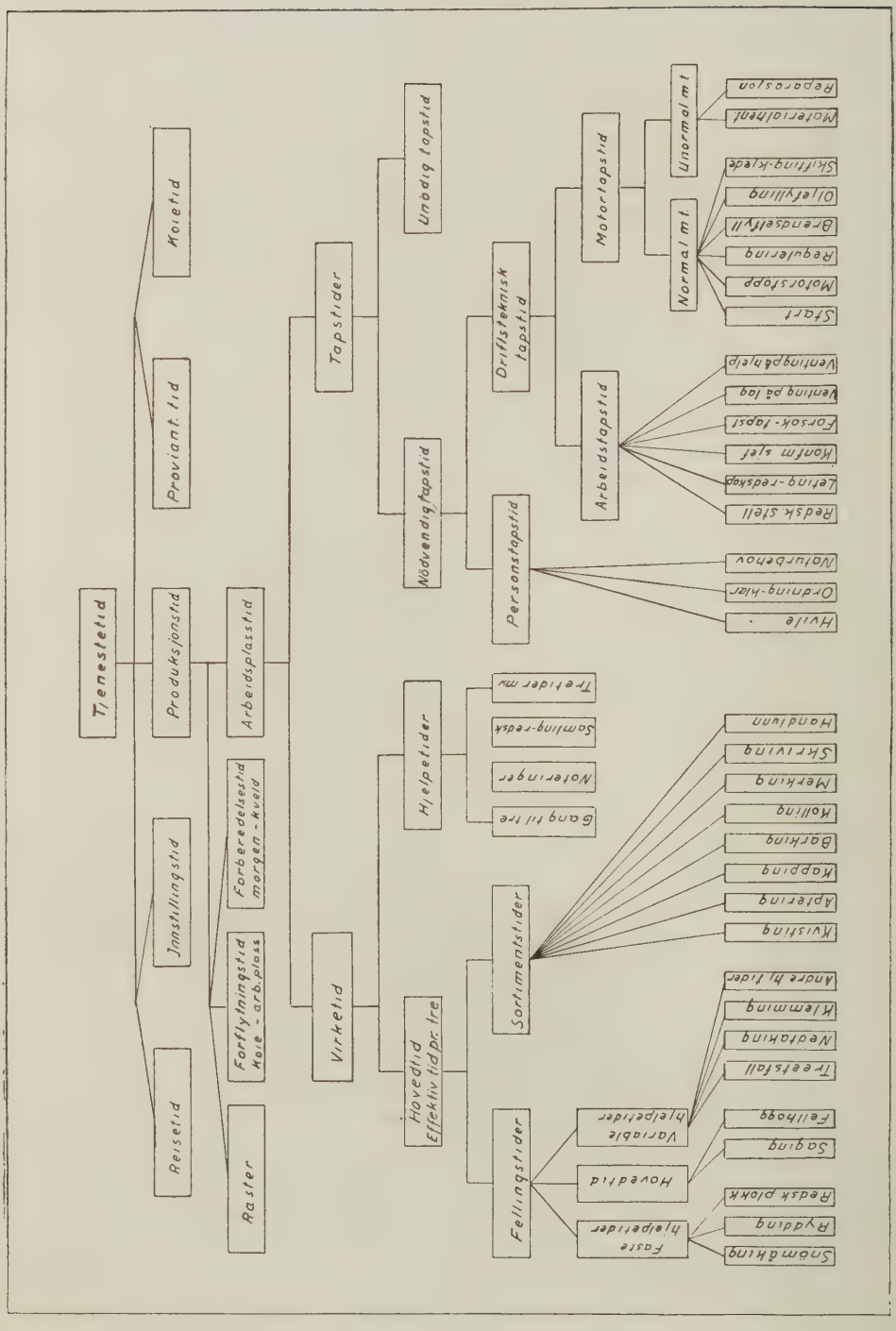
Treets kvistklasse:

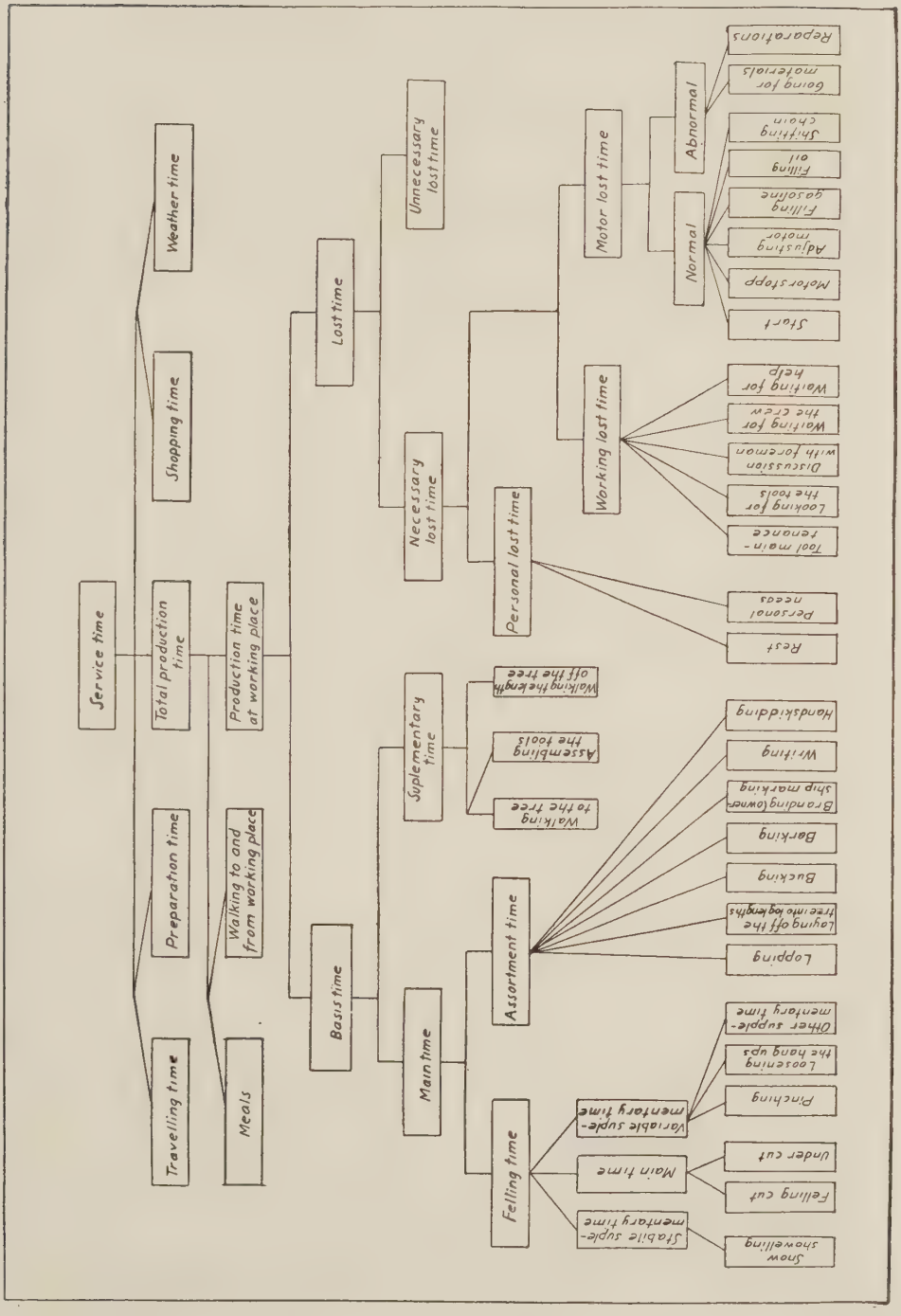
1. Meget kort og finkvistet krone.
2. Kort og finkvistet krone.
3. Normal krone med normal kvist.
4. Lang krone med hard eller grov kvist.
5. Meget lang krone med hard, grov og tettsittende kvist.

Enkel barktykkelse i millimeter på midten av hver stokk.

Barktype:

1. Glatt bark.
2. Skillingsbark.
3. Skorpebark.


Tjenestetid
Reisetid
Innstillingstid
Produksjonstid
Proviant. tid
Koietid
Raster
Forflytningstid Koie - arb. plass
Forberedelsestid morgen - kveld
Arbeidsplasstid
Virketid
Tapstider
Hovedtid Effektiv tid pr. tre
Hjelpetider
Gang til tre
Noteringer
Samling-redsk
Tretider mv
Fellingstider
Sortimentstider
Kvisting
Apteringen
Kapping
Barking
Kolling
Merking
Skriving
Handlunn
Hovedtid
Faste hjelpetider
Snömåking
Rydding
Redsk plokk
Saging
Fellhogg
Treetsfall
Nedtaking
Klemming
Andre hj tider
Variable hjelpetider
Personstapstid
Hvile
Ordning-klar
Naturbehov
Arbeidstapstid
Redsk. stell
Leting-redskap
Konfm sjef
Forsok-tapst
Venting på lag
Venting på hjelp
Motortapstid
Normal mt.
Start
Motorstopp
Regulering
Brendselfyll
Oljefylling
Skifting-kjede
Unormal mt
Materialhent
Reparasjon
Driftsteknisk tapstid
Nödvendig tapstid
Unödig tapstid


Service time
Travelling time
Preparation time
Total production time
Shopping time
Weather time
Meals
Walking to and from working place
Production time at working place
Basis time
Lost time
Main time
Suplementary time
Necessary lost time
Unnecessary lost time
Felling time
Assortment time
Personal lost time
Working lost time
Motor lost time
Normal
Abnormal
Stabile suple-mentary time
Main time
Variable suple-mentary time
Snow showelling
Felling cut
Under cut
Pinching
Loosening the hang ups
Other supple-mentary time
Lopping
Laying off the tree into log lengths
Bucking
Barking
Branding (owner-ship marking
Writing
Handskidding
Walking to the tree
Assembling the tools
Walking the length off the tree
Rest
Personal needs
Tool main-tenance
Looking for the tools
Discussion with foreman
Waiting for the crew
Waiting for help
Start
Motor stopp
Adjusting motor
Filling gasoline
Filling oil
Shifting chain
Going for materials
Reparations

Barkseighet i 3 klasser:

1. Tinet bark.
2. Seig bark.
3. Frossen bark.

Temperatur i hele grader celsius.

Undervekst:

1. Lite eller ikke hindrende undervekst.
2. Besværlig undervekst.
3. Meget besværlig undervekst.

Markens steinholdighet:

1. Jevn eller litt steinholdig mark.
2. Sterkt steinholdig og småkupert mark.
3. Blokk-mark.

Terrenghelling:

1. Flatt eller svakt hellende.
2. Bratt (tømmeret glir av seg selv).
3. Stupbratt.

Snø på tre:

1. Lett snø, som drysser.
2. Lett snø, som sitter fast.
3. Tung snø, som drysser.
4. Tung snø som sitter fast.

Snødybden i bestandet i hele desimeter.

Snødybden omkring treet i hele desimeter.

Nedbør i millimeter og nedbørstype etter Meteorologisk Institutts inndeling.

Lufttemperaturen ble målt tre ganger daglig på hvert av forsøksfeltene, morgen, middag kl. 14, og kveld. 2 stasjonære termografer, én i liskog og én i åsskog, tegnet opp de daglige temperaturkurver. Ved å sammenligne termogrammene med temperaturobservasjonene på hogstfeltene ble den daglige temperaturkurve for hvert hogstfelt tegnet. Da en kjenner klokkeslettet for hogsten av hvert tre, ble lufttemperaturen på det tidspunkt treet ble hogget tatt ut av kurvene.

På hvert hogstfelt var det dessuten en nedbørmåler så nedbøren i mm pr. time i hogsttiden ble notert.

Trærnes høyde ovenfor stubben er funnet ved summering av toppens, bultens og stokkenes lengder. På grunnlag av trehøyde og brysthøydediameter med bark er trærnes relative høyde, regnet ut.

Den relative høyde er forholdet mellom treets målte høyde og høyden ifølge en valgt «nomalhøydekurve». (Se fig. 10.) Hvis den målte høyde er H, og høyden ifølge normalkurven h, finnes den relative høyde slik:

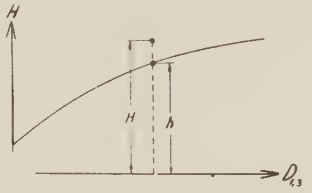


Fig. 10.

$$h_r = \frac{H}{h}$$

Det ses at en stor relativ høyde betyr en stor høyde i forhold til diameteren, altså et tre med liten avsmalning. Er brysthøydediameteren og treets relative høyde oppgitt, og «normalhøydekurven» er kjent, kan alltid treets høyde finnes, idet

$$H = h_r \cdot h.$$

Som normalhøydekurve er valgt en kurve utregnet av landsskogtaksator Aasmund Vigerust. Kurven representerer gjennomsnittshøyden av gran på produktiv skogmark i hele landet, unntatt Vest-Agder og Vestlandsfylkene, etter Landsskogtakseringen av 1919—30.

En sammenligning med den gjennomsnittlige høydekurve for gran i fylkene Hedmark og Akershus etter siste Landsskogtaksering tyder på at kurven gir for små høyder, men forholdet mellom kurvene er noenlunde konstant over hele diameterskalaen.

I fig. 11 kan den relative høyden finnes når treets høyde og brysthøydediameter med bark er kjent. Høydekurven for $h_r = 1{,}0$ angir samtidig den valgte «normalhøydekurve» etter Landsskogtakseringen. Av det som er nevnt framgår at normalhøydekurven burde ligge noe høyere hvis den skulle representere gjennomsnittshøyden for gran i dag, antagelig i nærheten av $h_r = 1{,}2$. Den gjennomsnittlige relative høvde i

[1] Den relative høyde må ikke sammenblandes med Vigerusts høydeklasser 0.8. 1,0. 1.2 osv.).

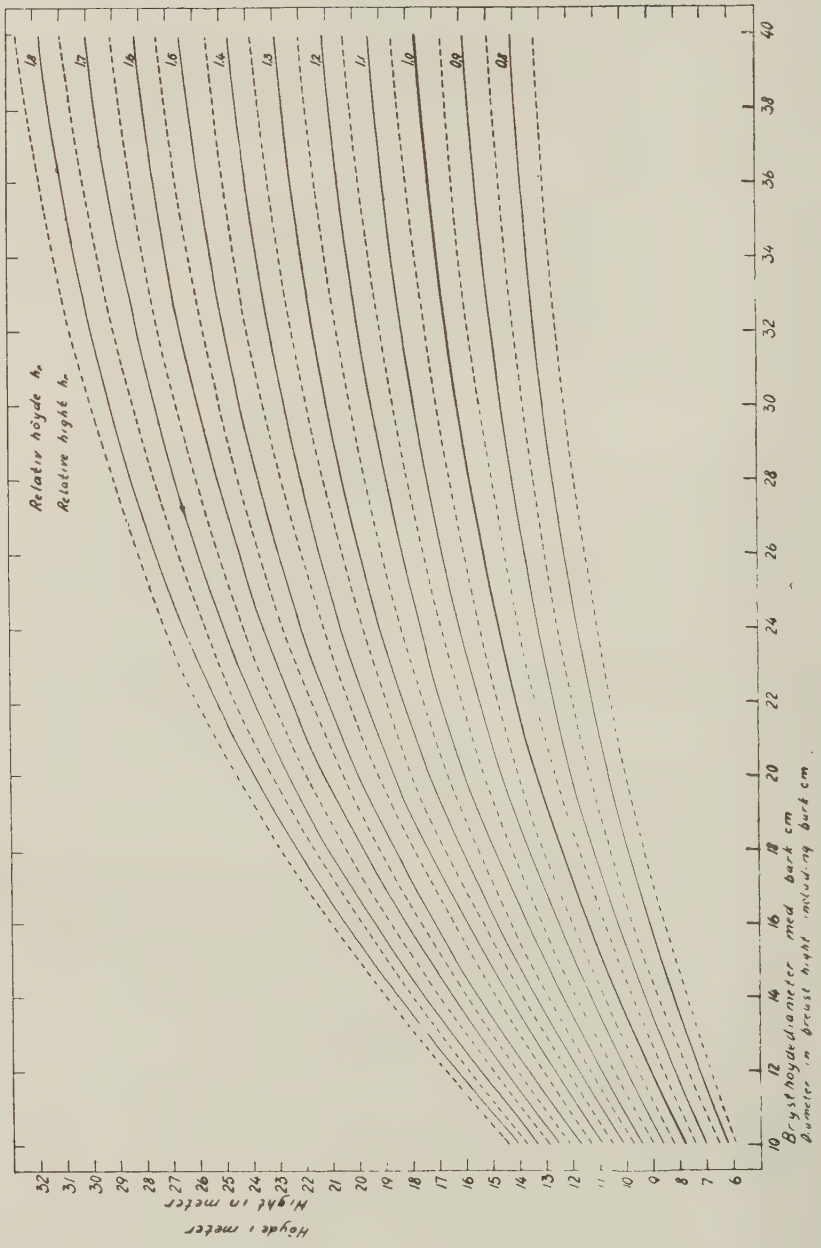


Fig. 11. Normalkurver for bestemmelse av treets relative høyde.
Normal curves for calculation of relative height of tree.

grunnmaterialet er 1,18. Men da den relative høyde i virkeligheten bare er en regneteknisk størrelse, for å forenkle regnearbeidet og inngangen i tabellene, har dette ingen praktisk betydning.

Til hjelp under bedømmelsen av kvistmengdens innflytelse på tiden for kvisting av trærne er denne som nevnt vurdert skjønnsmessig i 5 kvistklasser. Fig. 12 viser sammenhengen mellom dimensjon, relativ høyde og kvistklasse utjevnet på grunnlag av observasjonene i marken. Det ses at dimensjonen innvirker sterkt på bedømmelsen av kvistklassen. En stor dimensjon med normal utvikling av kronen blir satt ned i kvistklasse i forhold til en liten dimensjon med normal utvikling av kronen. Dette er naturlig, fordi en ved bedømmelsen uvilkårlig tar hensyn til den vanskelighet kvistmengden volder for kvistearbeidet.

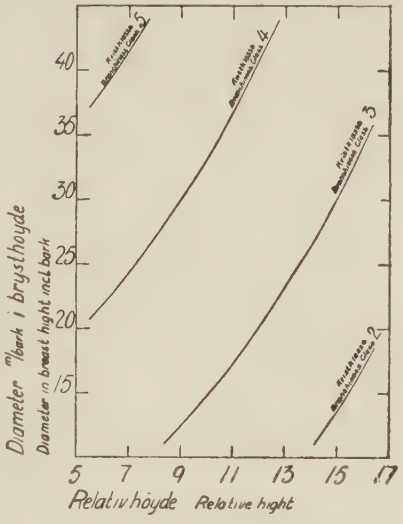


Fig. 12. Sammenhengen mellom trærnes relative høyde, brysthøydediameter med bark og kvistklasse.
Relationship between relative height, breast height diameter over bark and branch of trees.

Men dette reduserer samtidig verdien av å bruke kvistklassene til vanskelighetsgradering. Da den relative høyden, som det senere skal vises, gir en god vurdering av kvistvanskelighetene, vil denne i stedet bli brukt særlig fordi den er målemessig definert.

Ved hjelp av stokkenes midtdiameter og lengde er deres kubikkinnhold tatt ut av kubikktabellen for midtmålt tømmer for Glommavassdraget. Det tømmerutbytte pr. tre som hoggerne oppnådde er funnet ved å summere de enkelte stokkers kubikkinnhold. Da midtdiameteren er målt utenpå basten og på den side av stokken som hoggerne har lagt til rette før avregningen, er denne kubikkmasse større enn det virkelige tømmerutbytte.

Treets kubikkinnhold med bark er funnet av Eides kubikktabell ved hjelp av treets høyde og brysthøydediameter med bark.

Det ovennevnte «tømmerutbytte» er regnet i prosent av kubikkinnholdet med bark. Det viste seg at dimensjonen øver liten innflytelse på denne «utbytteprosent». Derimot varierer utbytteprosentene fra ca. 98—90 % når den relative høyde øker fra 0,8—1,6. Dette kan bl. a. komme av at et tre med liten relativ høyde eller sterk avsmalning oftest har mye kvist.

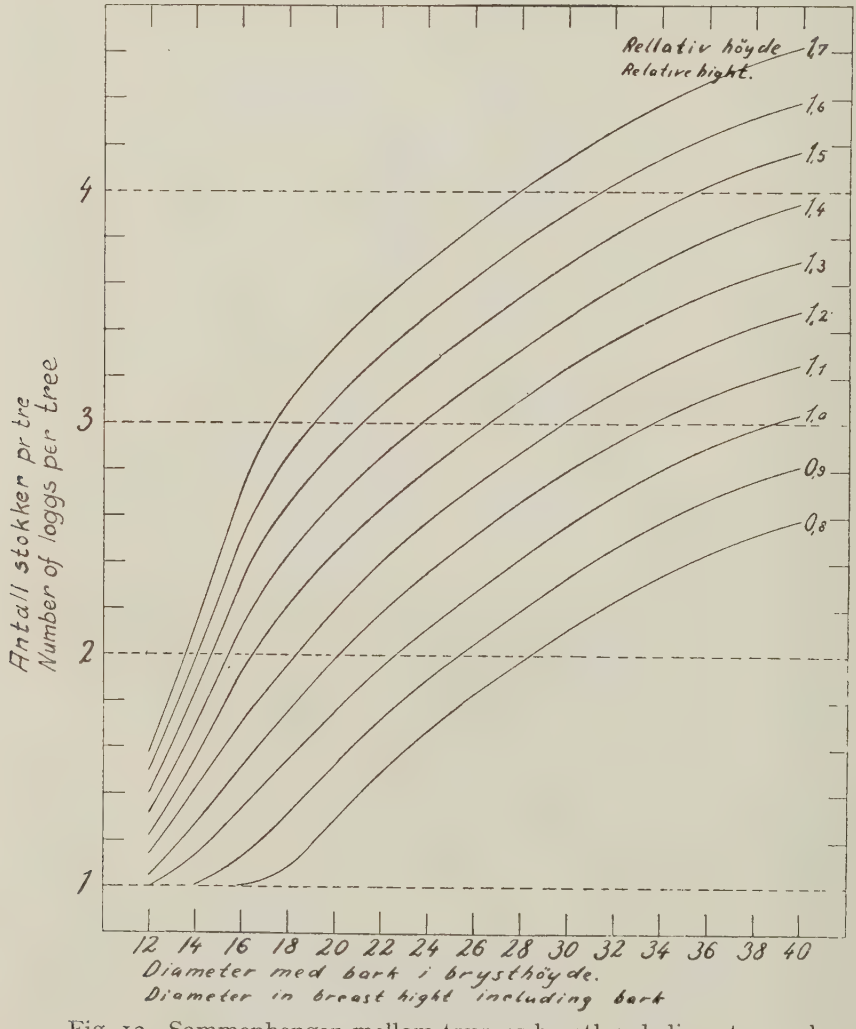


Fig. 13. Sammenhengen mellom trærnes brysthøydediametre med bark, relative høyde og antall stokker pr. tre.
Relationship between breast height diameter over bark, relative height and number of logs per tree.

Stammen får derfor mange uregelmessigheter og er ofte mer flattrykt enn trær med stor relativ høyde fordi de korte og kvistede trær i denne undersøkelse gjerne forekommer på mer utsatte steder med ensidig vindretning. Både stammens flattrykning og uregelmessighetene p. gr. a. kvistsår kommer lett tømmerhoggerne til gode i form av en overkubering når tømmeret måles på bredeste kant.

Trærne ble utnyttet til 6 cm toppmål. Den aptering som hoggerne utførte framgår for øvrig av fig. 13 som viser sammenhengen mellom trærnes brysthøydediameter med bark, den relative høyde, og antall stokker pr. tre.

MATERIALETS OVERFØRING PÅ HULLKORT

Noteringene på markskjemaene ble overført på hullkort idet vi brukte Holerith hullkortsystem. Da det bare er 80 kolonner i hullkortene ble det brukt 4 kortsett for hvert markskjema (hvert tre) et kortsett for felletider et for kvistetider m. v. et for barketider m. v. og et kortsett for tapstidene. I hvert av de 4 kortsett er tidene punshet i kortets siste halvdel (kol. 41—80).

Beskrivelsen av treets nummerering, dimensjoner samt skog- klima- og terrengforhold (nummerdatane) er punshet i første halvdel av hvert kort (kol. 1—38), og da disse data er felles for hvert tre i de 4 kortsettene, ble de reprodusert direkte over i de tre øvrige kortsett. Fig. 14 viser et eksempel på et ferdig punshet kort.

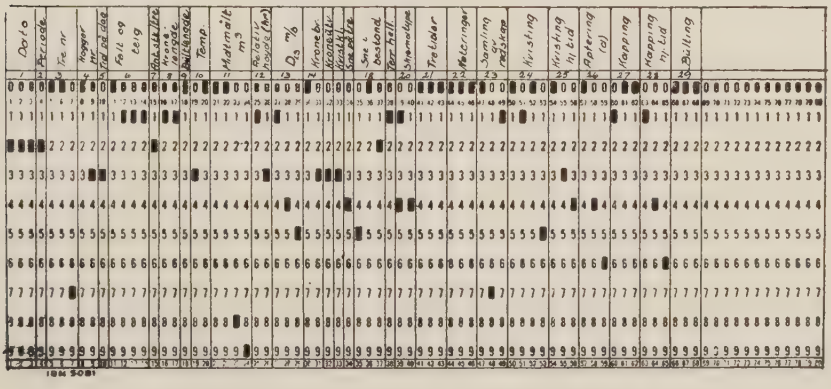


Fig. 14. Eksempel på et punshet hullkort.
Example of a punched card.

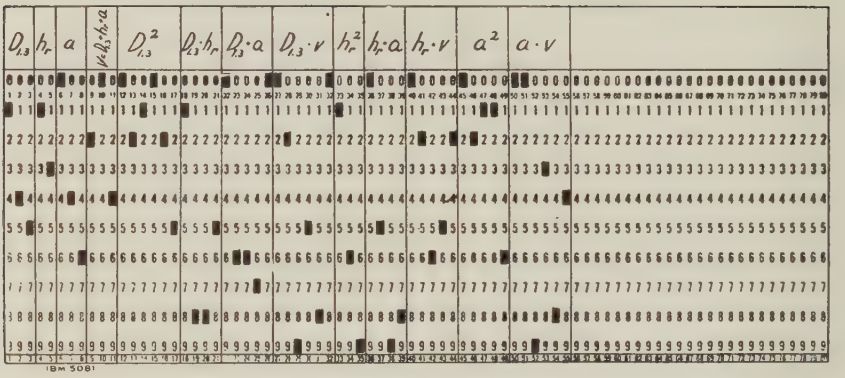


Fig. 15. Eksempel på beregning av kryssprodukter ved hjelp av hullkort. *Example of calculation of cross products with the help of the punch card.*

De nummerdata som bare har interesse sammen med en enkelt av deloperasjonene, f. eks. barktykkelse og barkseighet for barkingens vedkommende, ble punshet i begynnelsen av siste halvdel på kortene i det kortsett som omhandler deloperasjonen (kol. 41 og utover).

Disse kort ble i første omgang brukt til middeltallsberegninger. Hvis en ønsker å studere brysthøydediameterens og den relative høydes innflytelse på apteringstiden (se fig. 14), blir kortene først sortert med hensyn på diameterklasse (kodebetegnelse i kol. 39) i en sorteringsmaskin. Kortgruppen for hver diameterklasse blir sortert på ny med hensyn på den relative høyde (kol. 25—26). Ved å kjøre de sorterte kortene gjennom en tabulator får vi skrevet en liste spesifisert for hver diameterklasse og relativ høyde, summene av $D_{1,3}$ (kol. 27—29), apteringstiden (kol. 57—59), og antall kort. Ved hjelp av denne liste kan middeltallene regnes ut.

Fig. 15 viser et eksempel på hvorledes hullkortene kan brukes for å regne ut de nødvendige kryssprodukter som må til for å finne funksjonen for apteringstiden (se side 440). Brysthøydediameteren, den relative høyde og apteringstiden reproduseres over fra kol. 27—29, kol. 25—26, og kol. 57—59 i fig. 14 til kol. 1—3, kol. 4—5 og kol. 6—8 i fig. 15. Produktene $D_{1,3}^2$, $D_{1,3} \cdot h_r$, $D_{1,3} \cdot a$ osv. framkommer ved å sende kortene gjennom en multiplier. Ved første gjennomkjøring regnes ut tverrsummen $v = D_{1,3} + h_r + a$ (kol. 9—11), ved andre gjennomkjøring regnes ut $D_{1,3}^2$ (kol. 12—17) osv. I alt må det

til 10 gjennomkjøringer i multiplieren, for å regne ut alle produktene. Tverrsummen v, og produktene $D_{1,3} \cdot v$, $h_r \cdot v$ og $a \cdot v$ gir kontroll på utregningen, idet f. eks.

$$D_{1,3}^2 + D_{1,3} \cdot h_r + D_{1,3} \cdot a = D_{1,3} \cdot v$$

og likeledes

$$\Sigma D_{1,3}^2 + \Sigma D_{1,3} \cdot h_r + \Sigma D_{1,3} \cdot a = \Sigma D_{1,3} \cdot v$$

Om den vanlige kontrollmåte brukes (ved å kjøre kortene to ganger gjennom multiplieren for hvert produkt, idet en bytter om multiplikand og multiplikator), ville en trenge 12 gjennomkjøringer i alt for å regne ut kryssproduktene i fig. 15. Særlig når det er flere uavhengig variable og antall kryssprodukter er stort, spares ikke lite tid og arbeid ved å bruke den antydede «tverrsums-kontroll».

Når alle kryssprodukter er regnet ut, sendes kortene gjennom en tabulator, så en får summen av tallene i alle kortene for hver enkelt av rubrikkene i fig. 15. Ved hjelp av disse summer kan en så regne ut og teste funksjonen.

ARBEIDSTEKNIKK

Det er tidligere nevnt at hoggerne gjennomgikk et instruksjonskurs ved forsøkenes begynnelse. Som forsøkshoggere ble valgt de som hadde tillempet den beste arbeidsteknikk.

Med en god arbeidsteknikk forstås i denne forbindelse hoggernes evne til å oppnå høyest mulig hogstutbytte med minst mulig anstrengelse, og uten skadevirkninger på organismen.

Det er ikke formålet med nærværende arbeid å belyse virkningen av forskjellig arbeidsteknikk på hogstresultatet. Det har likevel en viss interesse å beskrive den arbeidsteknikk som ble tillempet av de undersøkte hoggere.

Foruten de vanlige, men hyppig forekommende skader som følge av arbeidsulykker under tømmerhogsten, bevirker slitasjesykdommene en meget stor reduksjon i hoggernes samlede hogstutbytte. Her tenkes på slitasje av muskler, sener, ledd og knokler, særlig for de eldre årsklassers vedkommende. Det er få hoggere som blir 45 år uten slitasjesykdommer i bevegelses-

apparatet, og det viser seg at frafallet fra skogsarbeideryrket er betenkelig stort for årsklassene 35—45 år.

Det som vanligvis reduserer hoggerne er ryggsmerter, særlig i lendepartiet, ofte med isjias. Dessuten opptrer det smerter i knær og skuldre. Harde muskler og redusert bevegelsesfrihet i leddene er også meget alminnelig. Derimot er det langt sjeldnere at kretsløpsorganene melder pass.

Johs. Helweg (1934) og senere andre har vist hvorledes kraftig og ensidig bruk av musklene kan føre til muskeloveranstrengelser eller myalgier. Tilsvarende undersøkelser er gjort for leddenes vedkommende av Baetzner (1936).

F. Heiss (1938) fant ved systematiske røntgenundersøkelser av konkurranseidrettsmenn at ca. 10 % (av ca. 9000 undersøkte) hadde røntgenologiske forandringer i skjelettet. Her er det bare tale om forandringer som ga klinisk påviselige symptomer.

Det er ikke bare store belastninger som kan føre til overanstrengelse i bevegelsesapparatet. Også mindre belastninger kan ha samme virkning, hvis det er et misforhold mellom vevenes yteevne og belastningens størrelse. Dette kan inntre ved utilfredsstillende kost, ved tretthet, men også ved en mindre god arbeidsteknikk med ensidige bevegelser. Kunstige og unaturlige arbeidsstillinger kan også gi belastninger på ledd og muskler de ikke er bygd til å klare. Moderne bevegelsesterapeuter hevder at belastningssykdommer i bevegelsesapparatet er meget utbredt. Evnen til å bruke musklene hensiktsmessig og en god muskelfølelse er sjelden å finne, selv hos elitegymnaster. Det er for mye anspenthet.

Alle disse forhold må det tas hensyn til når det skal formes en god arbeidsteknikk hos tømmerhoggeren.

Den nye tømmerhogger inntar i begynnelsen en arbeidsstilling, som vel ofte er betinget av hensynet til skader. Under barkingen velger de f. eks. en liten bredstilling med stive ben. Armbevegelsene blir små, og barkespaden arbeider foran kroppen med små utslag. Herved vil rygg- og benmusklene arbeide uforholdsmessig meget statisk med altfor ensidig belastning på tilsvarende ledd og knokler. Hertil kommer at barkspadens bevegelsesenergi ikke blir godt utnyttet.

Denne bevegelsesmåte blir lett innarbeidet og til en viss grad automatisert, så vi finner ofte avskygginger av den hos

eldre og mer øvde hoggere. Men enkelte hoggere går videre. Enten finner de fram på egen hånd, eller de får veiledning av andre. Særlig har et studium av eldre hoggere som i årevis, har holdt seg på store ytelser uten å ha fått særlige skader eller slitasjesykdommer, gitt verdifulle erfaringer angående en god arbeidsteknikk under hogstarbeidet.

Studiet av slike hoggere, sammen med erfaringer fra idretten og medisinske undersøkelser danner grunnlaget for den arbeidsteknikk vi i dag prøver å tillempe hos hoggerne under instruksjon. Eldre hoggere kan ikke legge en automatisert arbeidsteknikk helt om. Men under yrkesopplæringen kan de lære seg en bedre muskelfølelse, så de kan skille tydelig mellom muskelsammentrekning og avspenning. De kan lære å holde løst i redskapen, i det hele få mer frigjorte bevegelser.

Ved den anvendte arbeidsteknikk må hoggerne prøve å få minst mulig statisk arbeid med fiksering av muskler og ledd. Om en f. eks. fikserer en muskelgruppe, vil blodsirkulasjonen hindres, så surstofftilførselen til muskelen ikke blir tilstrekkelig. Dette medfører muskelsmerter og tretthet, og gir grunnlag for overanstrengelse (myalgier). Deloperasjonen bør derfor være sammensatt av dynamiske bevegelser, fordi dette gir livligere blodsirkulasjon i musklene. Det er ikke til å unngå at det ved hver deloperasjon vil opptre en del statisk arbeide. Men det dynamiske arbeid må være det framherskende, og det må stadig være en vekselvirkning mellom musklenes statiske og dynamiske arbeid.

Vi kan derfor si at deloperasjonen er sammensatt av en rekke bevegelser som glir over i hverandre med en stadig skifting mellom muskelinnsats og avspenningsfase.

Dette kan oppnås ved en mer eller mindre pendlende bevegelsesform, og ved at armer, ben og rygg tar mest mulig del i bevegelsen. Derved utnyttes redskapens bevegelsesenergi bedre, og muskler og ledd spares gjennom avvekslingen. Ved en påskyvende bevegelsesform vil det vanligvis være færre muskelgrupper som deltar i bevegelsen. Dette medfører lett en ensidig fiksering av enkelte deler av kroppen, hvilket som nevnt er uheldig. Pendelutslagene er avhengig av personens størrelse og krefter, og av den motstand som skal overvinnes. Unødig store bevegelser eller små rykk er uhensiktsmessige.

Hoggeren må selv prøve seg fram og gjennom trening avpasse arbeidsrytmen og bevegelsesutslagene etter sine spesielle egenskaper, idet han lærer seg i hvilken del av bevegelsen muskelinnsatsen skal være og hvor han skal slappe av.

De forskjellige deloperasjoner ved manuelt arbeid utføres vesentlig med svans, øks eller barkespade. I alle tilfelle må hoggeren holde løst i redskapen, så ikke underarmsmuskulaturen fikseres og hindrer arbeidsbevegelsen.

Under felling med svans velges en god bredstilling for benene med lett svikt i knærne, så nær treet som mulig. Derved slipper hoggeren å bøye ryggen så meget og får lett fram en tyngdeoverføring av kroppen så armen blir avlastet. Ved denne pendlende bevegelsesform svinges hofteparti og ben, med mindre utslag enn armene, og hoftepartiet kommer foran armene i bevegelsen. Tempoet tilpasses hoggernes reaksjonsevne, så bevegelsen skjer i en jevn og rolig rytme, og tas helt ut. Selv om knestående arbeidsstilling på flere måter kan være verdifull for kraftige hoggere må den frarådes av hensyn til den uheldige innflytelse den kan ha på kneleddet.

Ved kapping med svans brukes også den pendlende eller kroppsvridende arbeidsform. Her får hoggeren en mer oppreist kroppsstilling, men bevegelsene har ellers meget til felles med bevegelsene under felling.

Det er vist i andre undersøkelser at arbeidsbevegelsen med øks er av ballistisk type. Dette betyr at øksen rettes inn ved bevegelsens begynnelse, mens resten av bevegelsesforløpet skjer automatisk, idet musklene bare bidrar til å øke øksens hastighet. Det er derfor viktig at man legger en muskelinnsats bak øksehogget som står i forhold til det arbeid øksen skal utføre. Hogget må utnyttes fullt ut ved et løst grep om økseskaftet, så en ikke holder øksen tilbake ved en fiksering av musklene ved hoggets avslutning.

Under fellhogget velges en god bredstilling av bena med en svak bøyning i knærne. Øksen skal arbeide forholdsvis nær kroppen og treet, så øksens bevegelse i hogget ikke er for stor. Derved oppnås et raskt tempo, men tempoet må ikke settes så meget opp at ben og kroppsmuskulatur fikseres for å danne basis for armbevegelsene. Kroppen og bena bør derimot være litt med i bevegelsen, selv om det er armene som vesentlig skal utføre arbeidet.

Ved kvisting er det riktig å få en benplasering som sikrer god balanse under hogget. Hoggene nyanseres slik at bare armene utfører bevegelsen når det skal hogges av små kvist, mens kroppen er mer med i bevegelsen når kvisten er tykkere, så det ikke blir unødig belastning på ryggen. Hoggeren bør holde seg på den ene side av trestammen, mens han kvister fra rotenden mot toppen, idet han tar med kvisten på begge sider av stammens overside. Det blir energispille, om han vekselvis går over fra den ene til den andre side av stokken, for å få med mest mulig kvist når han arbeider seg framover langs stammen.

Barkingen utføres med barkespade, vanligvis ved hjelp av en pendlende bevegelsesmåte. Bena stilles i god bredstilling med lett svikt i knærne og med svakt foroverbøyd kropp. Under arbeidet utnyttes barkespadens bevegelsesenergi, idet armene virker som en slynge. Kroppen følger med i bevegelsen ved at forreste kne bøyes ved hvert tak med barkespaden. Når barkespaden stopper i barken, skyves den ikke videre, men føres helt tilbake, for å gi barkespaden mest mulig bevegelsesenergi under spadens arbeider i barken ved neste tak. Armbevegelsene bør være store, men barkespadens egg må ikke løftes noe fra stammen mot slutten av arbeidstaket. Ved denne arbeidsmåte er det lett å markere forskjellen mellom muskelinnsats og avspenning.

Bevegelsesutslagene ved denne barkemåte avhenger en del med barkens stivhet. Jo lettere barken er desto større kan utslagene være, og ved lett og tinet bark bør arbeidstaket avsluttes med en mer påskyvende bevegelse. Det innses lett at den levende kraft som hoggeren har gitt barkespaden ved begynnelsen av en bevegelse hjelper til å overvinne motstanden i barken under bevegelsens arbeidsfase. Barkespadens tyngde bør derfor være større jo stivere barken er. (Se side 405.)

HOGSTUTBYTTE OG VIRKETID VED MANUELT ARBEID

Tidsfunksjonene for de enkelte deloperasjoner som inngår i hogstresultatet er utjevnet ved hjelp av en vanlig regresjonsanalyse etter minste kvadraters metode. (Se Mordecai Ezekiel: Methods of correlation analysis, New York 1930.)

For å få et begrep om hvilke faktorer som øver innflytelse

på de enkelte deloperasjoner, samt hvilke funksjonstyper som burde velges under utjevningen, er brukt følgende framgangsmåte:

Materialet ble sortert for hver av deloperasjonene med hensyn til alle de faktorer (nummerdata) som i det hele kunne tenkes å øve noen innflytelse på tidsforbruket. Innen hver av det sorterte materialets minstegrupper er den gjennomsnittlige tid regnet ut, og disse er avsatt i koordinatsystemer for to og to faktorer av gangen i det de øvrige ble holdt konstante ved faktorenes gjennomsnittsverdi i materialet. Om vi f. eks. antar at en deloperasjonstid er avhengig av 3 faktorer, A, B og C, blir materialet først sortert med hensyn til faktorene A og B, idet faktoren C holdes konstant ved dennes gjennomsnittsverdi i materialet. Faktoren A blir avsatt på abcisseaksen og de utregnede middeltider på ordinataksen, så det framkommer en kurve for hver av faktorene B. Så blir det tegnet et nytt koordinatsystem, med B avsatt på abcisseaksen og en kurve for middeltidene for hver verdi av faktoren A. På samme måte holdes etter tur faktorene B og A konstant, idet tidens variasjon med de 2 øvrige faktorer blir undersøkt.

Denne framgangsmåte krever et ganske stort antall sorteringer, middeltallsberegninger og opptegning av diagrammer, som lot seg gjennomføre fordi materialet var innpunshet på hullkort.

Et studium av diagrammene ga en god orientering om hvilke funksjonstyper som burde velges i den etterfølgende nummeriske utjevning av deloperasjonstidene, samt hvilke faktorer (uavhengig variable) som burde tas med. Både de faktorer som hadde en tydelig innvirkning og de vi var i tvil om virkningen av ble tatt med. Ved testing av de utjevnede funksjoner ble bestemt hvilke faktorer, som måtte være med i de endelige deloperasjonsfunksjoner.

Denne del av undersøkelsen som omfatter manuelt hogstarbeid, representerer 3004 trær jevnt fordelt på 11 hoggere. I det følgende er benyttet disse betegnelser:

y = medgått tid pr. tre i $^1/_{10}$ minutt.
$D_{1,3}$ = brysthøydediameteren med bark i cm.
h_r = treets relative høyde.

t = lufttemperaturen i ° Celsius.
e_b = snødybde i bestandet i dm.
e_t = snødybden omkring treet i dm.
g = avstand mellom trærne i meter.

De enkelte deloperasjoner.

Gang til tre. Den tid hoggeren bruker fra han er ferdig ved et tre til han er framme ved det neste tre som skal hogges, kan tenkes å avhenge av terrenghellingen, markens steinholdighet, undervekst, samt snødybden i bestandet og avstanden mellom trærne. Terrenget i de undersøkte hogstfelter er forholdsvis jevnt, uten særlige hindringer med hensyn til terrengvanskeligheter og undervekst. Vi kunne derfor ikke finne noen innflytelse fra disse faktorer.

Derimot avhenger gangtiden av avstanden mellom trærne (g) og snødybden i bestandet (e_b) på følgende måte:

$$y = 0{,}2692 \cdot g + 0{,}0095 \cdot g \cdot e_b + 0{,}065 \qquad (1)$$

Koeffisientene er bestemt med forholdsvis stor sikkerhet idet deres middelfeil er $\sigma b_g = 3{,}13\ \%$ av b_g og $\sigma b_{ge} = 8{,}04\ \%$ av b_{ge}. Korellasjonskoeffisientene mellom de observerte og utjevnede gangtider er $R = 0{,}7194$, og gangtidens spredning (S) omkring utjevningsfunksjonen er 1,24, eller 47,00 % av den gjennomsnittlige gangtid i materialet.

Vi ser at gangtiden øker proporsjonalt med avstanden mellom trærne, og det tar lengre tid å gå en bestemt avstand til et tre, jo dypere snøen er. Snødybden øver større innflytelse på gangtiden ved lang enn ved kort avstand mellom trærne. Dette er rimelig, fordi det er større påkjenning å gå i høy snø enn på bar mark, og dette gjør seg særlig gjeldende når avstanden mellom trærne er stor. Disse ting framgår for øvrig av tabell 13, hvor gangtidene finnes utregnet ved hjelp av formel (1).

Ved å regne om resultatet, viser det seg at hoggerne i gjennomsnitt har gått med en hastighet av 2,23 km/time fra tre til tre på barmark, og 1,64 km/time i 1 meter dyp snø. Årsaken til den forholdsvis langsomme hastighet er bl. a. at gangtiden brukes til å planlegge fellingsretningen for neste tre, og dessuten bruker hoggeren ofte gangtiden til å puste litt ut før han tar fatt på det nye tre.

Snømåking. Den tid som trenges for å måke snøen vekk rundt treets fot før fellingen er, avhengig av snødybden omkring treet og treets dimensjon:

$$y = 0{,}2669 \cdot D_{1{,}3} + 3{,}0929 \cdot e_t \div 9{,}690 \qquad (2)$$

Koeffisientene i formelen har følgende middelfeil:

$$\sigma b_D = 11{,}10\ \%\ \text{av}\ b_D \ \text{og}\ \sigma b_e = 2{,}50\ \%\ \text{av}\ b_e.$$

Korrelasjonen mellom snømåkingstider ifølge formel (2) og de snømåkingstider som er observert i marken, er $R = 0{,}6873$. Materialets spredning (S) omkring funksjonen er 7,33 eller 52,83 % av materialets gjennomsnittlige snømåkingstid. Denne spredning skyldes delvis at snøtypen også er av betydning for den tid som trengs til å måke vekk snøen rundt treet. Det er senere å måke når snøen er løs enn når den henger godt sammen på spaden. Hvis dette forhold skulle komme i betraktning ved utjevningen, ville det bli en formel for hver snøtype, som er en kvalitativ egenskap. Dette ville komplisere og har mindre praktisk betydning. Det er derfor ikke tatt hensyn til snøtypen ved utjevning av snømåkingstiden. Da observasjonene ble foretatt i løpet av en hel hogstsesong, vil formel (2) angi snømåkingstiden ved en midlere snøtype.

Dette resonnement gjør seg også gjeldende for gangtiden mellom trærne når det er snø på bakken, idet den tid som trengs også i dette tilfelle er avhengig av snøtypen.

I tabell 14 er tiden for snømåking regnet ut etter formel (2). Den tid som trengs avhenger særlig av snødybden, mens treets dimensjon påvirker snømåkingstiden i mindre grad.

Felling. Sagingen viser seg å være proporsjonal med arealet av stubbeavskjæret. Sagetiden er imidlertid utjevnet over brysthøydediameteren med bark, idet stubbediameteren kan uttrykkes ved hjelp av stubbekvotienten (K), som er forholdet mellom stubbediameter $u/b.$, (D_{st}) og brysthøydediameteren $m/b.$ ($D_{1{,}3}$).

$$K = \frac{D_{st}}{D_{1{,}3}}$$

Det viste seg at hverken treets form (uttrykt ved den relative høyde) eller snødybden omkring treet hadde noen innvirkning på stubbekvotientenes størrelse. Likeledes var det liten

variasjon i stubbekvotienten hos de forskjellige hoggere. Dette tyder på at de undersøkte hoggere har vært flinke til å stubbe riktig, idet de fikk instruksjon om at stubbeavskjæret skulle hogges ned i øverste rotgren. Hverken snømengden eller trærnes form har fått hoggerne til å arbeide annerledes. Den gjennomsnittlige stubbekvotient i materialet er:

$$K = 1{,}209 \pm 0{,}001$$

Sagetiden er beskrevet ved formelen:

$$y = 0{,}0428 \cdot D_{1{,}3}{}^2 \div 1{,}360 \qquad (3)$$

Ved å innsette $D_{st} = \frac{D_{1{,}3}}{1{,}209}$ i formelen fåes:

$$y = 0{,}029 \cdot D_{st}{}^2 \div 1{,}36$$

Innføres her $G = \frac{\pi}{4} \cdot D_{st}{}^2$, som er stubbeavskjærets areal i cm², fåes:

$$y = 0{,}0372 \cdot G \div 1.36$$

Sagetiden er altså proporsjonal med grunnflaten i stubbehøyde. Det er ikke funnet at lufttemperaturen spiller noen rolle for sagetiden. På redskapssentralen ble filingen av svansene omlagt fra «sommertenner» til «vintertenner», så snart kulden inntrådte. Den økning i sagetiden som kan tenkes å bli forårsaket av frossen ved, er så liten at det ikke kunne merkes. Det er heller ikke funnet at snømengden øver noen innvirkning på sagetiden, hvilket er rimelig når snømåkingen omkring treet er ordentlig utført. Det samme gjelder for f e l l h o g g e t. Tiden for fellhogg viser seg å være proporsjonal med brysthøydediameteren med bark:

$$y = 0{,}2621 \cdot D_{1{,}3} \div 1{,}759 \qquad (4)$$

Tidene for fellingen (saging og fellhogg) er utregnet etter formel (3) og (4) i tabell 5, side 520.

K v i s t i n g . Den tid som går med til å kviste treet er avhengig av kvistmengden og kvistens størrelse på treet. Det er påvist at kvistmengden, f. eks. uttrykt ved kvistsårenes areal i prosent av treets overflate er sterkt korrelert med treets avsmalning (se bl. a. Dr. Klem: Undersøkelser over granvirkets kvalitet, side 230 og 239). Treets avsmalning er avhengig av forholdet mellom treets høyde og brysthøydediameteren. Vi har valgt å uttrykke dette forhold ved hjelp av den relative høyde, og fant at kvistetiden øker omvendt proporsjonalt med treets relative høyde.

Om vi holder oss til trær med en bestemt avsmalning, er det rimelig å anta at kvistens gjennomsnittlige grunnflate øker samtidig med grunnflaten i brysthøyde. En stor brysthøydediameter har en stor gjennomsnittlig kvist-diameter, og en liten brysthøydediameter har liten gjennomsnittlig kvistdiameter. Vi antar videre at kvistetiden øker proporsjonalt med den gjennomsnittlige grunnflate hos kvisten. Dette er en tilnærmelse. Egentlig vil tiden øke sprangvis, idet det trenges et hogg for å hogge av en kvist inntil en viss dimensjon, to hogg inntil en oppnår neste grensedimensjon osv. Vi har funnet at kvistetiden øker proporsjonalt med kvadratet av brysthøydediameteren med bark, eller om en heller vil, arealet av grunnflaten med bark i brysthøyde:

$$y = 0{,}1678 \cdot D_{1{,}3}^{\,2} + 3{,}6414 \cdot h_r \div 0{,}0503 \cdot D_{1{,}3}^{\,2} \cdot h_r \div 15{,}909 \qquad (5)$$

I tabell 5—7 (side 520—522) er kvistetiden regnet ut etter formelen i en del alternativer. Fig. 16 viser et romdiagram over kvistetiden. Det framgår at kvistetiden øker med stigende diameter og synkende relativ høyde. Den øker mer med synkende relativ høyde på store enn på små dimensjoner. Videre tar kvistingen lenger tid med økende dimensjon jo mindre den relative høyde er.

Det viste seg at snødybden ikke øver noen merkbar innvirkning på selve kvistetiden. Dette kommer vesentlig av at hoggeren får en «kvistmatte» å gå på etter som han kvister seg fram langs stammen. De tidstap som forårsakes av snødybden er av en slik karakter at de er tatt med under kvisting hjelpetid.

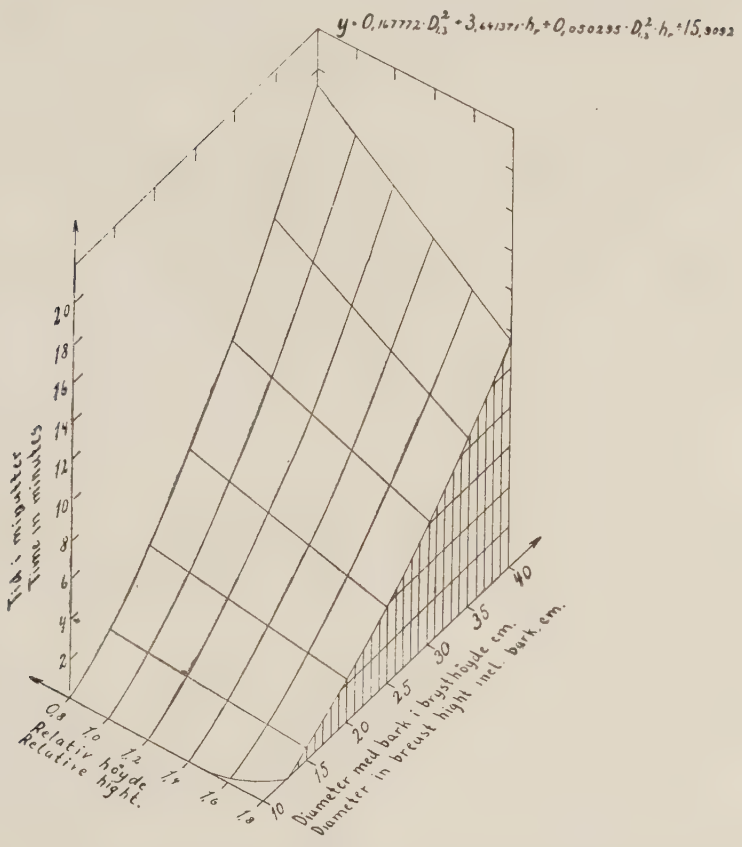


Fig. 16. Kvistetidens variasjon med trærnes dimensjon og relative høyde.
Variation of branching time with dimension and relative height of trees.

Barking.

Barketiden er i alt vesentlig avhengig av den motstand barken øver mot barkespaden, den barkede overflates areal og overflatens karakter.

Barktykkelsen varierer med dimensjonen, så denne samtidig gir et visst mål på barkemotstanden. Vi undersøkte hvilken innflytelse en variasjon i barktykkelsen innen dimensjonsklassene øver på barketiden, men fant ikke noe utslag for det. Barketiden varierer heller ikke merkbart med barktypen.

Derimot har lufttemperaturen meget å si for barketiden. Ved synkende lufttemperatur blir barken hardere fordi væsken

i barken fryser. Det viser seg at barken begynner å bli seig ved en lavere temperatur enn 0° celsius.

Det er funnet følgende grenser mellom tinet, seig og frossen bark:

Tinet — seig bark: $\div 3{,}49 \pm 0{,}17$ ° C.
Seig — frossen bark: $\div 8{,}25 \pm 0{,}18$ ° C.

Ved å velge lufttemperaturen som gradering for barkens frossenhet begås en viss feil, fordi barktemperaturen vanligvis vil avvike en del fra lufttemperaturen. Ved svingninger i temperaturen vil barktemperaturen innstille seg senere enn lufttemperaturen, og temperaturutslagene blir noe mindre. Denne sammenheng mellom luft- og barktemperatur er behandlet i «Värmlands Skogsarbetsstudier: Studier i Skogbrukets Arbetslära», side 81—103.

Vi har valgt å brukeluft temperaturen, fordi den har større interesse for det praktiske behov, idet barktemperaturen er tungvint å måle. Vi fant følgende funksjon for barketiden:

$$y = 14{,}9961 \cdot D_{1,3} + 81{,}0643 \cdot h_r \div 13{,}3450 \cdot T + 0{,}2641 \cdot T^2 \div 0{,}2596 \cdot D_{1,3} \cdot T + 1{,}0032 \cdot e_b + 19{,}277$$

Her er $T = 30 + t$ (for å unngå negative temperaturverdier ved hullkortbearbeidingen). Innføres dette uttrykk i formelen fås:

$$y = 7{,}2084 \cdot D_{1,3} + 81{,}0643 \cdot h_r + 2{,}4988 \cdot t + 0{,}2641 \cdot t^2 \div 0{,}2596 \cdot D_{1,3} \cdot t + 1{,}0032 \cdot e_b \div 143{,}416 \qquad (6)$$

Formelen gjelder for temperaturområdet $0°C \geqq t \geqq \div 16°C$.

Barketiden ved tinet bark og på barmark framkommer ved å innsette $t = 0$ og $e_b = 0$ i formel 6.

$$y = 7{,}2084 \cdot D_{1,3} + 81{,}0643 \cdot h_r \div 143{,}416 \qquad (7)$$

Det er ikke funnet at temperaturer større enn 0 ° C øver noen innflytelse på barketiden. Det er dog ikke registrert hogst av trær i sevjetiden, og det er rimelig å anta at barketiden er noe lavere enn den som framkommer ved formel (7) for tinet bark, hvis barken samtidig løper (svar).

Det ses av formel (7) at barketiden øker proporsjonalt med brysthøydediameteren m/b hvis den relative høyde hol-

des konstant. På den annen side vil trærnes barkoverflate øke mer enn brysthøydediameteren for trær med samme relative høyde, fordi trehøyden øker samtidig med brysthøydediameteren.

Dette viser at barketiden ikke er direkte proporsjonal med barkoverflaten, men barkoverflaten avtar sterkere enn barketiden jo mindre dimensjonene blir. Barketiden pr. arealenhet av barkoverflaten blir altså større jo mindre dimensjonen er. Årsaken kan forklares ved at barkespaden tar ut en smalere barkestrimmel for hvert tak jo mindre dimensjonen er, fordi stammeomkretsens krumning blir større. Hoggeren må derfor ta ut forholdsvis flere barkestrimler pr. lengdeenhet av stammeomkretsen på små enn på store dimensjoner.

Da barkingen tar lenger tid pr. arealenhet av overflaten, og dessuten barkoverflatens areal pr. m^3 øker jo mindre dimensjonen blir, forstås at barkingen krever uforholdsmessig lang tid pr. m^3 av små dimensjoner.

Hvis diameteren holdes konstant i formel (7) sees at barketiden øker proporsjonalt med den relative høyde, fordi treets samlede stokklengde øker proporsjonalt med den relative høyde for en bestemt dimensjon.

Det kan kanskje synes rart at barketiden også avtar samtidig med den relative høyde for de aller laveste relative høyders vedkommende, som representerer kortvokste, sterkt kvistete trær. Her vil jo stammens uregelmessigheter p. gr. a. kvist-jur og stygge kvistsår lett hindre barkingen. Dette må forklares ved at hoggerne søkte å kviste tettest mulig inn til stammen forat barkingen kunne foregå så vidt mulig uten slike hindringer. Hvis kvisten er grov og tettsittende, vil derfor en stor del av barken bli fjernet samtidig med kvistingen så det gjensittende barkareal blir sterkt redusert. For de laveste relative høyder vil derfor det reduserte areal av gjensittende bark til en viss grad oppveie de nevnte hindringer for barkingen, så barketiden også i dette tilfelle avtar med synkende relativ høyde.

I tabell 5—7, side 520—522 er barketiden regnet ut etter formel 6 i en del alternativer.

Fig. 17 viser hvorledes barketiden varierer med dimensjon og relativ høyde, tegnet etter formel 7. Av fig. 18, som er tegnet under forutsetning av at $h_r = 1{,}2$ og $e_b = 0$ framgår barketidens variasjon med dimensjon og lufttemperatur. Barketiden øker med synkende temperatur, og økingen ifølge temperaturen er større, jo større dimensjonene er. Dessuten øker barketiden mere med stigende dimensjon, jo lavere lufttemperaturen er.

Materialet refererer seg ikke til lufttemperaturer som er lavere enn ÷ 16° C. Jägmästare Gustaf Nenzell angir i sin avhandling: «Några resultat från tidsstudier av gagnvirkeshugning» side 30, en tabell som tyder på at barketiden skulle avta en del igjen for lavere lufttemperaturer enn ÷ 17° C.

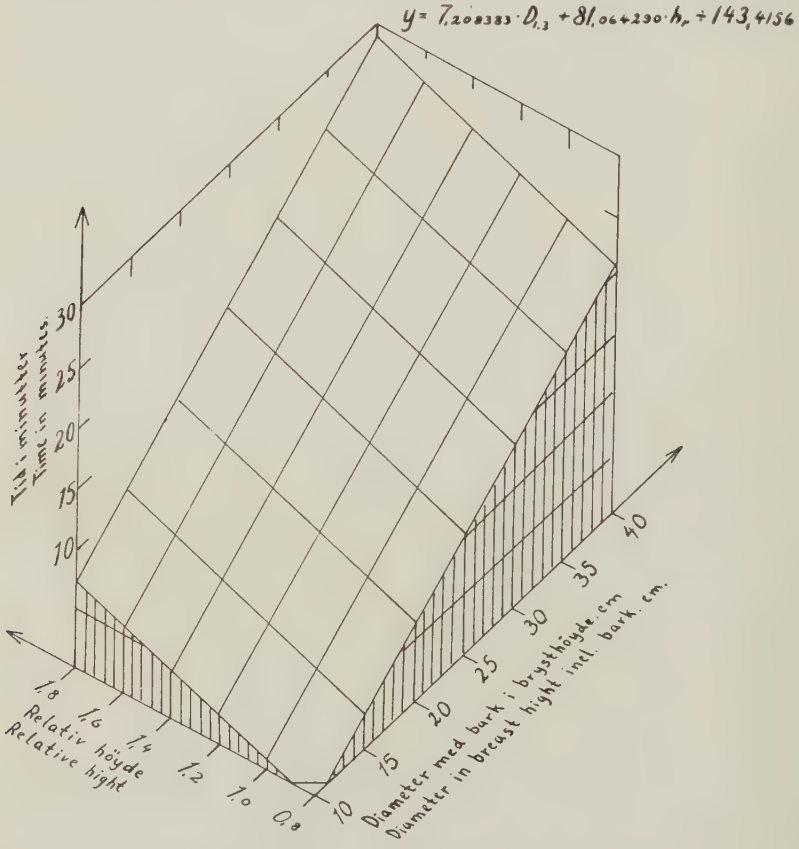


Fig. 17. Barketidens variasjon med trærnes dimensjon og relative høyde (Barmark og tinet bark.)
Variation of barking time with dimension and relative height of trees (bare ground and thawed bark).

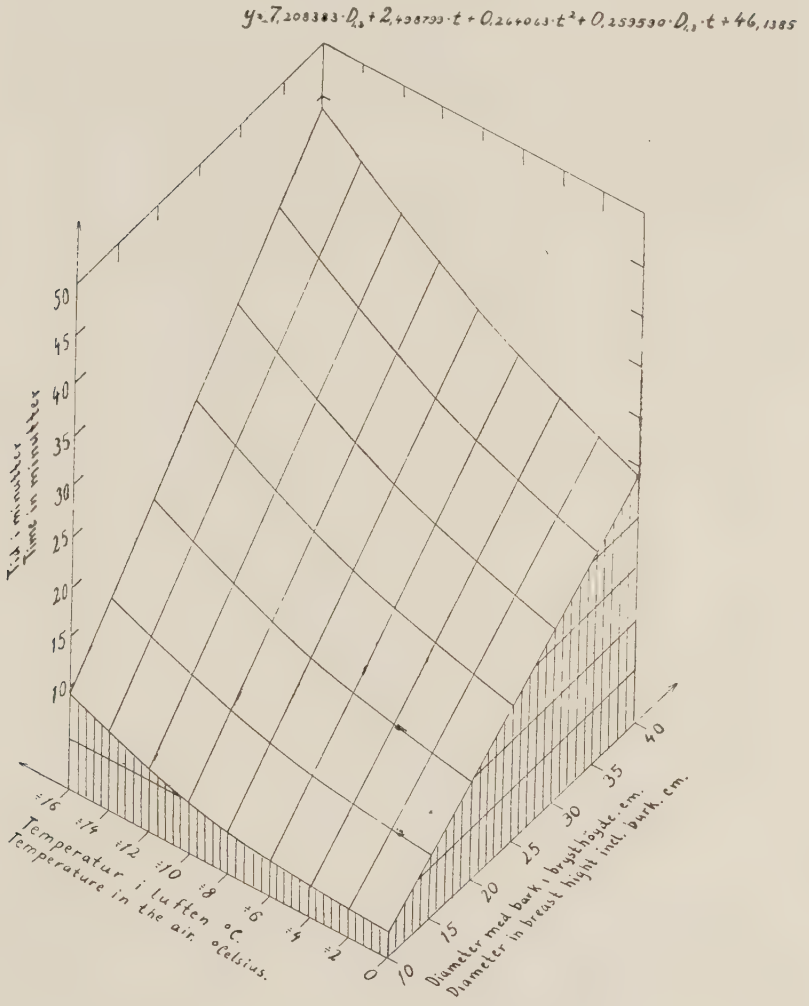


Fig. 18. Barketidens variasjon med lufttemperaturen og trærnes dimensjon. (Relativ høyde 1,2 og barmark.)
Variation of barking time with air temperature and tree dimension (relative height = 1.2 and bare ground).

Fig. 19 er tegnet under forutsetning av at $t = \div 5°$ C og $h_r = 1{,}2$. Det framgår at snødybden øver forholdsvis liten innvirkning på barketiden. Det gjelder nemlig det samme for barkingen som for kvisting at hindringer på grunn av snødybden for det meste er av en slik karakter at det blir tatt med under barking hjelpetid. Når barkingen likevel avhenger litt av snødybden, skyldes det at hoggeren ikke har noen «kvist-

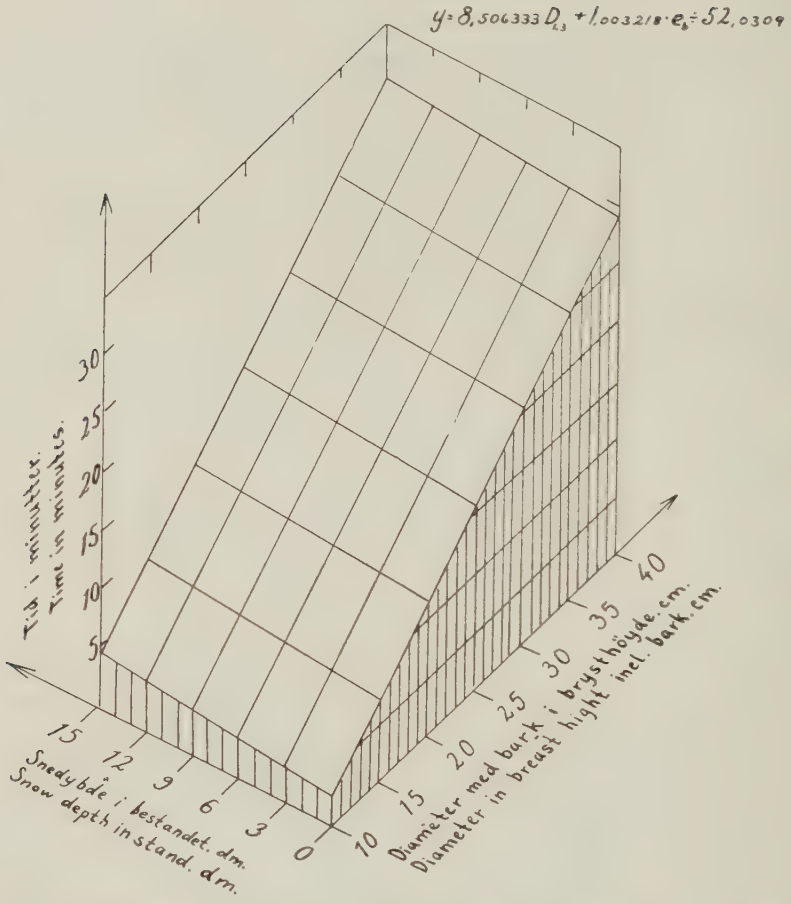


Fig. 19. Barketidens variasjon med snødybden i bestandet og trærnes dimensjoner (lufttemperatur ÷ 5° C, relativ høyde 1,2).
Variation of barking time with snow depth within the stand and tree dimension (air temperature = — 5° C, relative height = 1.2).

matte» å gå på, mens han barker den nedre kvistrene stammedel. Dessuten får han lettere en ugunstig arbeidsstilling under barking når det er snø på bakken, selv om han har «kvistmatten» å gå på, fordi han ofte synker litt ned og blir stående lavt i forhold til stammen. Dette spiller en langt større rolle for arbeidsstillingen under barking enn under kvisting.

K a p p i n g. Kappetiden pr. tre er summen av tidene for kapping av stokkene med svans og kapping av toppen med øks. Det viser seg at selve sagetiden under kappingen er tilnærmet proporsjonal med den snittflate som blir saget av, slik som vi fant for fellingens vedkommende. En kan derfor undersøke

den innflytelse som treets samlede kappeareal øver på kappetiden, f. eks. ved hjelp av brysthøydediameteren og antall stokker pr. tre. Dette ville bli riktig hvis alle hoggere fulgte en bestemt apteringsmåte.

Vi har i steden valgt å bruke den relative høyde som uavhengig variabel, fordi vi har funnet en god sammenheng mellom denne og antall stokker pr. tre innen hver dimensjon (se fig. 13, side 420).

$$y = 2{,}4723 \cdot h_r + 0{,}0228 \cdot D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r \div 4{,}603 \qquad (8)$$

Kappetiden er altså proporsjonal med faktoren $D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r$, og denne faktor er en indikator på det samlede kappeareal på treet. Videre er kappetiden proporsjonal med den relative høyde. Årsaken til dette er at det på hvert kappested forekom-

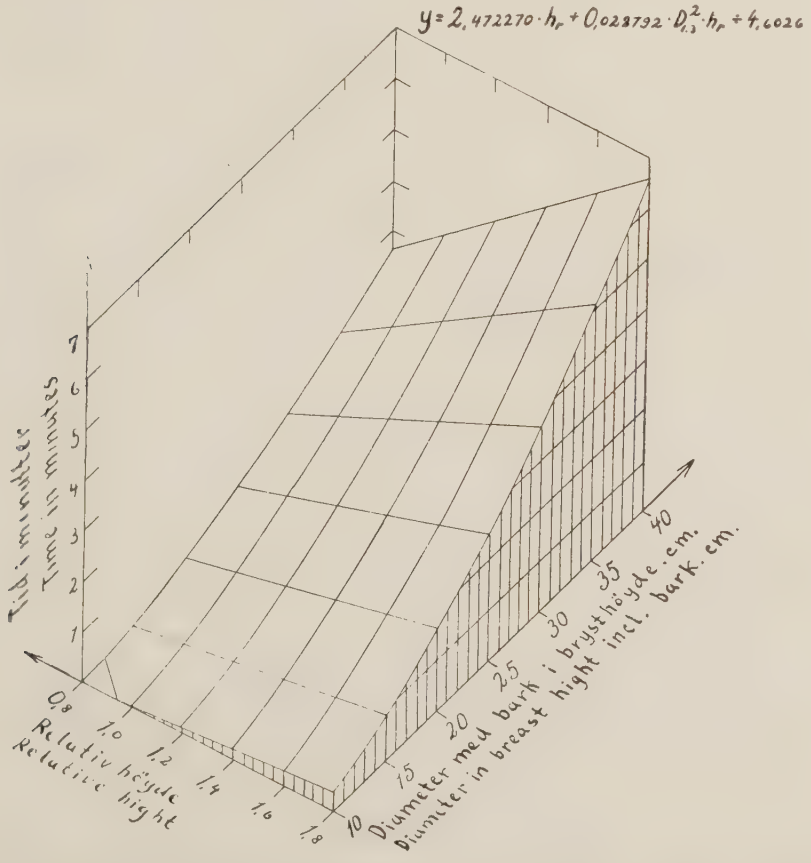


Fig. 20. Kappetidens variasjon med trærnes dimensjon og relativ høyde.
Variation of bucking time with dimension and relative height of trees.

mer en del tilnærmet konstante tider, f. eks. ansetting av sagen før kappingen tar til. Da dessuten det gjennomsnittlige antall stokker pr. tre er tilnærmet proporsjonal med den relative høyde, vil også kappetiden være det.

I tabell 5—7, side 520—522 er kappetidene regnet ut etter formelen, og fig. 20 viser et romdiagram over kappetidens variasjon med dimensjon og relativ høyde.

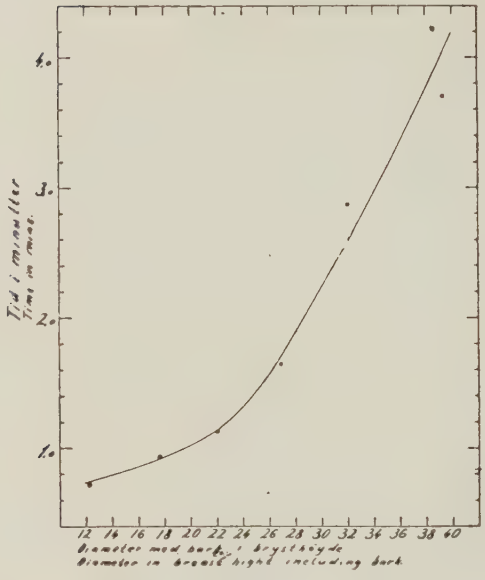


Fig. 21. Tid pr. tre for bulting.
Time per tree for culling.

Det ses at kappetiden øker med økende dimensjon og relativ høyde. Økingen p. gr. a. dimensjonen er større, jo større den relative høyde er og likeledes øker kappetiden mer med den relative høyde, jo større dimensjonen er.

Vi har ikke funnet at selve kappetiden påvirkes noe av snødybden i bestandet, fordi de hindringer snødybden volder er blitt henført under kapping hjelpetid.

I de observasjoner som ligger til grunn for den utjevnede funksjon for kapping er bare tatt med kapping av gagnvirke. Tiden for utkapping av skadd virke ved treets rotende, f. eks. rotråte, er regnet som b u l t i n g . Av de 3004 trær som ble registrert for manuelt hogstarbeid ble det bultet 96 trær. Den gjennomsnittlige tid som trenges til bultingen framgår av fig. 21, hvor bultingstidene er utjevnet grafisk over brysthøydediameteren med bark i cm.

A p t e r i n g . Når apteringen utføres som egen deloperasjon brukes en 2 meter lang skant for å måle av stokklengden. I tiden for aptering er hovedtid og hjelpetid slått sammen, og utjevningen av funksjonen gir følgende resultat:

$$y = 0{,}3831 \cdot D_{1{,}3} + 3{,}5114 \cdot h_r \div 5{,}669 \qquad (9)$$

Apteringstiden stiger altså med stigende dimensjon og relativ høyde. I tabell 5—9, side 520—524 er apteringstiden regnet ut etter formel (9) hvor det framgår at apteringstiden bare tar 2—4 % av den effektive arbeidstid ved treet. Hvis tariffen er oppsatt slik at både hoggeren og skogeieren har interesse av en god utnyttelse av treet, vil det derfor være riktig å utføre apteringen med omhu. Om dette sinker arbeidet noe vil hoggeren oftest tjene på det, fordi han oppnår et økt tømmerutbytte av treet og fordi selve apteringstiden er kortvarig i forhold til hele hogsttiden ved treet.

Under markarbeidet ble også prøvd en annen arbeidsordning for apteringen idet denne ble utført samtidig med barkingen. Hoggeren brukte barkespadens skaft som lengdemål. Det var avmerket henholdsvis 0,5 og 1,0 meter på skaftet målt fra barkespadens egg. Hoggeren merket av på stokken med et risp ved hjelp av barkespadens egg for hver meter han barket seg fram. Når han kom dit hvor han bestemte seg for å kappe første stokk, ble dette merket med et større risp. Enkelte av hoggerne hadde på forhånd kastet håndsagen framover langs stammen og kappet stokken før barkingen fortsatte. Andre hoggere merket bare av og fortsatte med barkingen, idet de tok kappingen særskilt etterpå. Denne arbeidsmåte byr på en del fordeler, fordi hoggeren oppnår en bedre planlegging av deloperasjonenes rekkefølge og sparer tid på det. Men den setter store krav til hoggerens evne til å bedømme trestammen for å få en riktig aptering.

Det er av interesse å undersøke om det blir noen forskjell i barketiden når barkingen utføres alene eller samtidig med apteringen. I siste tilfelle representerer nemlig barketiden begge deloperasjoner så det ikke medgår noen ekstra tid til apteringen.

Det er foretatt en sammenligning av barketiden ved de to arbeidsmåter (barking alene og aptering samtidig med barkingen) ved hjelp av en vanlig variansanalyse med 3-veis gruppering, idet følgende faktorer som kan tenkes å øve innflytelse på barketiden er tatt med: Arbeidsmåte, diameterklasse og barkseighet.

Resultatet av beregningen framgår av følgende tabell:

Variasjonens årsak *Source of Variation*	Antall frihetsgrader *Degrees of Freedom*	Kvadratsummer *Sum of Square*	Varianser *Mean Square*
Arbeidsmåte (A) ..... *Work method*	1	275 905	275 905
Diameterklasse (*B*) ..... *Diameter class*	4	12 037 263	3 009 316
Barkseighet (*C*) ..... *Deegree of frozeness of bark*	2	3 828 850	1 914 425
Samspill av I. orden: *First order interaction:*			
A × B	4	487 989	121 997
A × *C*	2	202 105	101 053
B × *C*	8	1 168 746	146 093
Samspill av 2. orden: *Second order interaction:*			
A × *B* × *C*	8	570 120	71 265
Rest. (Innen klassene). *Ernor*	108	8 580 275	79 447

I beregningen er som nevnt benyttet diameterklasser og barkseighetsklasser, idet det for hver klasse er oppgitt den gjennomsnittlige barketid for en rekke observasjoner. Det er derfor beregnet en restvarians som angir observasjonenes variasjon innen klassene.

For å undersøke om arbeidsmåten har noen innflytelse på barketiden, beregnes følgende fire variasjonskvotienter:

$$F = \frac{275905}{79447} = 3{,}48$$

$$F = \frac{121997}{79447} = 1{,}54$$

$$F = \frac{101053}{79447} = 1{,}27$$

$$F = \frac{79447}{71265} = 1{,}11$$

Ingen av disse variasjonskvotienter er signifikante. Hver av dem er mindre enn den F-verdi som svarer til $P = 0{,}05$ (se f. eks. George W. Svedecor: Statistical Methods 1946, side 222—225). Det kan derfor ikke på grunnlag av disse forsøk påvises noen forskjell i barketiden ved de 2 arbeidsmåter.

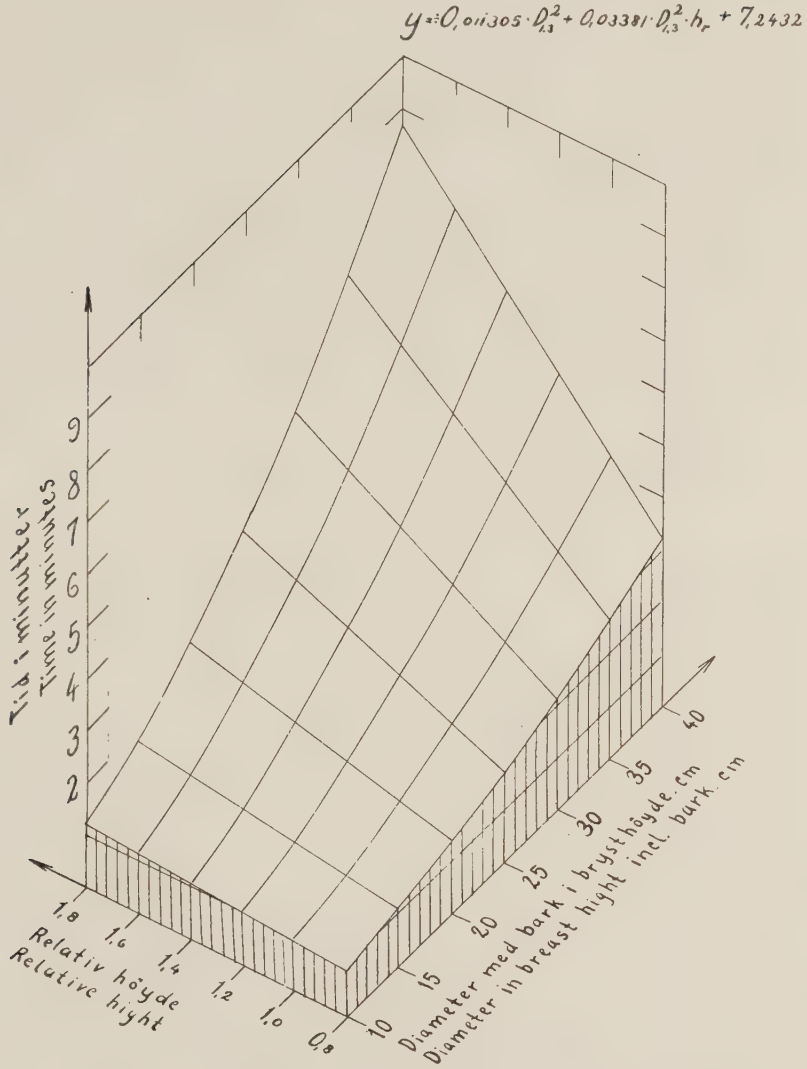


Fig. 22. Hjelpetidenes variasjon med trærnes dimensjon og relative høyde. (Barmark.)
Variation in supplementary times with dimension and relative height of trees (bare ground).

I hjelpetidene er sammenslått en del av de enkelte deloperasjoners hjelpetider:

Felling hjelpetid
Kvisting »
Barking »
Kapping »

For hjelpetidene er funnet følgende funksjon:

$$y = \div 0{,}0113 \cdot D_{1{,}3}{}^2 + 0{,}0338 \cdot D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r \div 1{,}7762 \cdot e_b + 0{,}1071 \cdot e_b \cdot D_{1{,}3} + 7{,}243 \quad (10)$$

Funksjonene kan omformes til å gjelde hjelpetidene for hogst på barmark ved å sette snødybden i bestandet, $e_b = 0$:

$$y = \div 0{,}0113 \cdot D_{1{,}3}{}^2 + 0{,}0338 \cdot D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r + 7{,}243 \quad (11)$$

I tabell 5—7, side 520—522 er tidene regnet ut etter formelen i en del alternativer. Fig. 22, som gjelder hjelpetidene for hogst på barmark, viser at tiden øker med stigende dimensjon og relativ

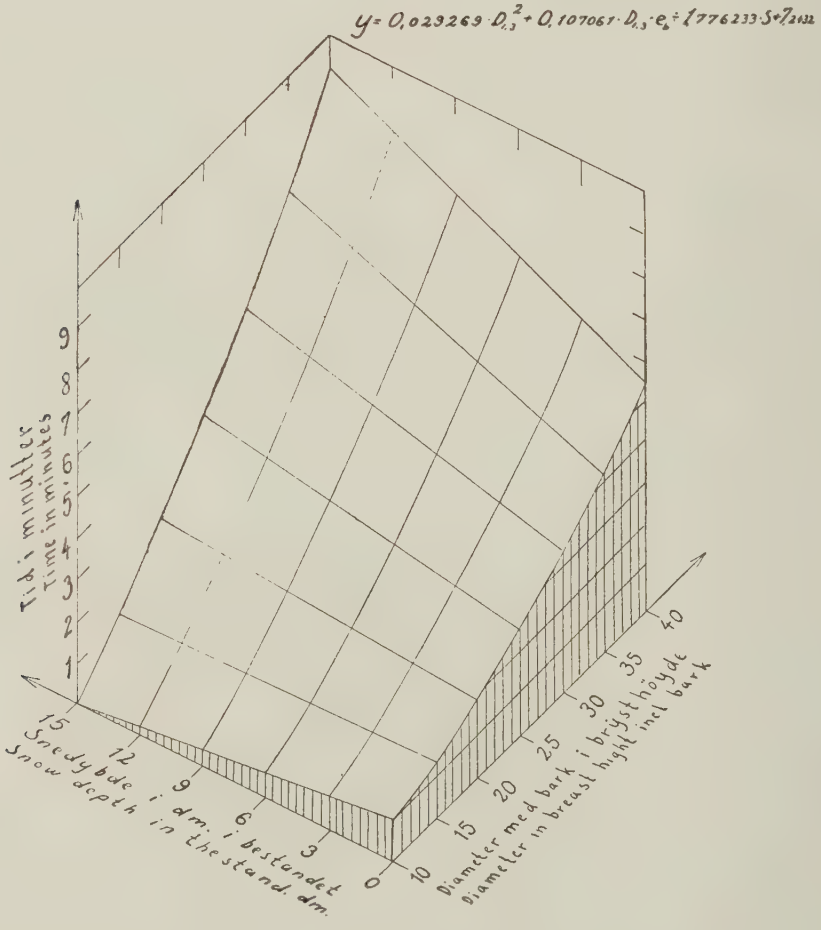


Fig. 23. Hjelpetidenes variasjon med snødybden i bestandet og trærnes dimensjon. (Relativ høyde = 1,2.)
Variation in supplementary times with snow depth within the stand and tree dimension (relative height = 1.2).

høyde. Den relative høyde påvirker hjelpetidene lite ved små dimensjoner, men sterkere jo større dimensjonen blir, og får meget sterk innflytelse for de største tredimensjoner. Hjelpetidene øker sterkere med dimensjonen jo større treets relative høyde er. Det er bemerkelsesverdig at hjelpetidene øker så sterkt med stigende relativ høyde, eller med andre ord hvis trærnes avsmalning minker. Det kunne jo tenkes at en ville få lengere hjelpetider hvis trærne hadde meget stor avsmalning, altså kortvokste trær med stor kvistmengde. Når vi likevel finner en stigning i tidene med synkende avsmalning, må forklaringen være at stokkantallet blir større. Dette har igjen tendens til å stykke opp arbeidet, så det blir mer gang-hjelpetider og mer omskifting av redskapen, som også er hjelpetider.

I fig. 23 er vist hvorledes hjelpetidene varierer med dimensjon og snødybde i bestandet, for trær med en relativ høyde $h_r = 1{,}2$ (normale trær).

Når brysthøydediameteren m/b er større enn ca. 15 cm øker hjelpetidene når snødybden øker, og økingen er sterkere jo større dimensjonen er. For de aller minste trær synker hjelpetidene med økende snødybde. En av årsakene til dette er at så små tredimensjoner er vanskelig å holde i ro under bearbeidingen på barmark. Det blir en del ekstra hjelpetider for å holde stokken fast eller hente den når den glir unna. Når det er snø på marken, er det lettere å holde stokken i ro under bearbeidingen med øks og barkespade.

Hvis det er meget snø på trærne, og denne drysser av under hogsten, blir særlig arbeidet med fellingen ubehagelig. Det viste seg at de samlede hjelpetider ved middels store trær ($D_{1,3}\, m/b = 25$ cm) kunne øke med inntil ca. 10 % under slike forhold.

A n d r e d e l o p e r a s j o n e r. Merking omfatter den tid som brukes til å hogge inn midt-målsmerke på stokken. Her er slått sammen hovedtid og hjelpetid, så tiden for å gå til merkingsstedet langs den opparbeidede stokk er regnet med i merkingstiden. Vi har ikke kunnet finne at treets relative høyde øver noen tydelig innflytelse på denne tid. Formel 12 viser den utjevnede funksjon.

Formel 13 framstiller tiden for samling av redskapen før hoggeren går til et nytt tre, samt hoggerens egne notater av hogstutbyttet.

Det har ikke kunnet påvises at snødybden i bestandet har noen merkbar innvirkning på noen av disse deloperasjonstidene. Utjevningen av tidene gir følgende resultat:

$$\text{Merking: } y = 0{,}4741 \cdot D_{1{,}3} \div 2{,}634 \qquad (12)$$

$$\text{Samling redskap m. v.: } y = 0{,}1859 \cdot D_{1{,}3} + 0{,}287 \qquad (13)$$

Deltidenes prosentiske andel av den effektive arbeidstid ved treet er regnet ut for en del forhold i tabell 5—9. Det er forutsatt at apteringen utføres som egen deloperasjon.

Det framgår av tabellene i hvor sterk grad deltidenes andel av arbeidstiden avhenger av trærnes form og dimensjon og av klimaforholdene. Av deloperasjonene krever barkingen overlegent den største del av tiden, og særlig for små dimensjoner med frossen bark. Her tar barkingen over 65 % av den effektive arbeidstiden ved treet, mens den for store dimensjoner med tinet bark bare representerer 36—37 %. Også kvistingen tar en stor del av arbeidstiden, fra ca. 33 % for store trær med meget kvist, og ned til ca. 10 % for små dimensjoner med lite kvist. Mens barkingens prosentiske andel av arbeidstiden øker med avtagende dimensjon, stigende relativ høyde, og synkende temperatur, er det omvendte tilfelle med kvistingen. For normal skog og midlere dimensjoner tar kvisting og barking sammenlagt ca. 65 % av arbeidstiden ved tinet bark og barmark, men over 75 % i høy snø og med frossen bark.

Felletidens og kappetidens prosentiske andel av arbeidstiden er av en mindre størrelsesorden. Fellingen representerer bare fra ca. 5 til ca. 12 % av arbeidstiden og kappingen fra ca. 3 % til ca. 9 %. Både fellingens og kappingens prosentiske andel øker med stigende dimensjon. Derimot avtar felletidens prosentiske andel jo større den relative høyde er, mens det er omvendt for kappingens vedkommende. Det ses videre at hjelpetidene representerer omtrent like stor prosentisk andel av arbeidstiden som felletiden. Aptering og merking krever også omtrent samme andel av arbeidstiden, nemlig fra ca. 2 % til ca. 4 %. Det henvises for øvrig til tabellene 5—9, side 520—524.

Den samlede hogsttid ved treet.

Valg av de enkelte deloperasjoners funksjonstyper, samt hvilke uavhengig variable som skulle tas med i tidsfunksjonen,

er som tidligere nevnt foretatt etter studium av de diagrammer som på forhånd var tegnet opp på grunnlag av middeltallsberegninger av deloperasjonstidene (se side 422).

I den etterfølgende numeriske utjevning ble også de faktorer (uavhengig variable) tatt med som vi var i tvil om virkningen av. Når vi hadde utjevnet funksjonen, ble middelfeilen (σ_b), for koeffisienten foran hver av de uavhengig variable regnet ut. Tidsfunksjonene for hver av deloperasjonene ble bare godtatt hvis koeffisientens middelfeil tilfredsstillet følgende krav:

$$b \geqq 2 \cdot \sigma_b$$

De funksjoner vi derved kom fram til, er sammenstilt i tabell 3 side 516 som viser de utregnede koeffisienter (b) samt deres middelfeil i prosent av koeffisientene. Bare 2 av koeffisientene, nemlig koeffisienten for h_r under kvisting og koeffisienten for $D_{1,3}^2$ under hjelpetider, er mindre enn $3 \cdot \sigma_b$. Men begge disse faktorer er korrelert med faktoren $D_{1,3}^2 \cdot h_r$ som er bestemt med meget stor sikkerhet i begge funksjonene. Det foreligger derfor en mulighet for at σ_b er noe undervurdert for koeffisienten for $D_{1,3}^2 \cdot h_r$ og noe overvurdert for koeffisientene for h_r og $D_{1,3}^2$. Det viste seg da også at korrelasjonskoeffisienten (R) ble mindre og middelfeilen (S) ble større når faktorene h_r og $D_{1,3}$ ikke ble tatt med i de to funksjonene.

Alle faktorenes koeffisienter er derfor bestemt med tilstrekkelig, delvis meget stor sikkerhet.

Det framgår av tabell 3 at flere av deloperasjonenes tidsfunksjoner er avhengig av de samme faktorer (uavhengig variable). Ved å summere koeffisientene for disse faktorer framkommer funksjonen for den effektive hogsttiden ved treet (se tabell 4, side 518):

$$\begin{aligned} y = {} & 8{,}5137 \cdot D_{1,3} + 90{,}6894 \cdot h_r + 0{,}1992 \cdot D_{1,3}^2 + 0{,}0063 \cdot D_{1,3}^2 \cdot h_r \\ & + 2{,}4988 \cdot t + 0{,}2641 \cdot t^2 \div 0{,}2596 \cdot D_{1,3} \cdot t \div 0{,}7730 \cdot e_b \\ & + 0{,}1071 \cdot D_{1,3} \cdot e_b \div 167{,}82 \end{aligned} \qquad (14)$$

Hvis hoggeren ikke apterer selv, eller hvis han apterer samtidig med barkingen idet barkespaden brukes som lengdemål (se side 441) blir funksjonen:

$$y = 8{,}1306 \cdot D_{1{,}3} + 87{,}1779 \cdot h_r + 0{,}1992 \cdot D_{1{,}3}^2 \quad (15)$$
$$+ 0{,}0063 \cdot D_{1{,}3}^2 \cdot h_r + 2{,}4988 \cdot t + 0{,}2641 \cdot t^2$$
$$\div 0{,}2596 \cdot D_{1{,}3} \cdot t \div 0{,}7730 \cdot e_b + 0{,}1071 \cdot D_{1{,}3} \cdot e_b \div 162{,}15$$

Begge formler gjelder for $t \leqq 0°$ C. Den effektive hogsttiden når barken er tinet, framkommer ved å innsette $t = 0$ i formlene. Formlene kan videre omformes til å gjelde tiden for hogst på barmark, ved å sette snødybden $e_b = 0$.

Den effektive hogsttiden for hogst på barmark og når barken er tinet, kan da uttrykkes slik:

$$y = 8{,}5137 \cdot D_{1{,}3} + 90{,}6894 \cdot h_r + 0{,}1992 \cdot D_{1{,}3}^2$$
$$+ 0{,}0063 \cdot D_{1{,}3}^2 \cdot h_r \div 167{,}82 \quad (16)$$

Vi har altså indirekte fått bestemt funksjonen for den effektive hogsttiden ved å summere funksjonene for hver enkelt av deloperasjonstidene. Det er derfor av betydning å undersøke om den fullstendige funksjon (formel 14 og 15) beskriver den effektive hogsttiden på en tilfredsstillende måte. Hogsttiden er derfor regnet ut etter formelen for hvert av de 3004 trær som ble undersøkt ved manuell hogst under markarbeidet. Den tiden som virkelig er brukt til hogst av treet er funnet som differanse mellom klokkeavlesning for hogstens begynnelse og slutt ved treet.

Vi vil finne en liten avvikelse for hvert tre, mellom den virkelige brukte tid (y) og tiden utregnet etter formelen (y'') som kan betegnes med $z = y \div y''$.

Korrelasjonskoeffisienten (R) mellom de observerte og utjevnede tider er $R = 0{,}8950$. Dette er en meget høy korrelasjon. Middelfeilen (S) beskriver materialets spredning i forhold til den utjevnede funksjon. Vi har funnet at middelfeilen $S = 61{,}83$ eller 24,67 % av den gjennomsnittlige effektive hogsttiden i materialet. Dette må anses å være et meget bra resultat, i betraktning av at funksjonsverdiene er utregnet som gjennomsnitt for 11 forskjellige hoggere.

For å få hele virketiden ved treet, må til den effektive tiden legges tiden for snømåking og gang til tre. Tidsfunksjonene for disse deloperasjoner er tidligere beskrevet (se side 429—430).

På grunnlag av formlene 1, 2 og 14 er regnet ut tabellene 10—14. Disse tabeller gir anledning til å regne ut virketiden

pr. tre under forskjellige dimensjons-, skog- og klimaforhold. Grunntabellen (tabell 10) gir den effektive tiden ved treet for forskjellige dimensjoner og relative høyder når det er barmark og tinet bark. I tabell 11 og 12 kan uttas tillegg til tidene i tabell 10, når lufttemperaturen er lavere enn 0° C, og det er snø i bestandet. Tabell 13 og 14 gir tillegget til tidene etter tabell 10, 11 og 12, for gang til tre og snømåking.

For å finne arbeidsplasstiden pr. tre må de nødvendige tapstider legges til virketidene.

De nødvendige tapstider er regnet ut i prosent av virketiden. De består av persontapstider og arbeidstapstider. Persontapstidene er ordning av klær, naturbehov, og vanlige røykepauser. Arbeidstapstidene omfatter bl. a. konferanse med arbeidsformann og redskapsstell. Da det vesentlige av redskapsskjøtselen er utført på redskapssentral (se side 408—409) omfatter redskapsstellet her bare finpussing, samt bryning av øks og barkespade. Vi har ikke kunnet finne at noen av disse tapstidsprosenter varierer merkbart med skog- og dimensjonsforholdene, lufttemperaturen, snøforholdene eller nedbørsforholdene. Men da tapstidene er uttrykt i prosent av virketiden, vil de absolutte tapstider variere med skog-, dimensjons-, temperatur- og snøforholdene. I virkeligheten vil altså tapstidene bare være avhengig av den medgåtte virketid.

Når det gjelder nedbøren har vi ikke funnet at denne påvirker arbeidsplasstiden (virketid og tapstidene) merkbart på annen måte enn at hoggeren, når nedbørsmengden øker over et visst antall mm/time, vil avholde seg fra å gå i skogen (kojetid). De noteringer vi foretok under markarbeidet om disse forhold er imidlertid for få til å slutte noe av. Den nedbørsmengden som skal til før hoggeren holder seg inne, vil jo variere meget med så vel nedbørstypen som hoggerens personlige innstilling.

De nødvendige tapstider er i gjennomsnitt for de undersøkte hoggere:

Persontapstider	8,22 %	av virketiden
Arbeidstapstider	2,86 »	» »
Nødvendige tapstider er ...	11,08 %	av virketiden

I tabell 15, side 528 er tapstidene regnet ut for hver enkelt av hoggerne.

Fig. 24 viser resultatet av en utregning av hogstutbyttet i m³ pr. time. Det er forutsatt barmark og tinet bark (lufttemperaturen $\leqslant$ 0° C). Gang til tre er ikke regnet med i dette tilfelle. Hogstutbyttet er da framkommet slik:

$$V = \frac{600 \cdot B}{A} \text{ m}^3/\text{time}$$

Her er:

A = virketid ($\div$ tiden for gang til tre) $+$ tapstider pr. tre i $^1/_{10}$ min.
B = tømmerutbytte i m³ pr. tre (se side 419—420).
V = hogstutbytte i m³ pr. time.

Av fig. 24 ses i hvor høy grad hoggerens hogstutbytte er avhengig av trærnes dimensjoner og hvor uriktig det kan være å oppgi en hogstprestasjon uten samtidig å gi opplysning om skogtypen og dimensjonsforholdene.

Hvis en også tar hensyn til klimaforholdene, blir det en enda større variasjon i hogstutbyttet. I tabell 16, side 529 er arbeidsplasstiden pr. tre regnet ut i en del alternativer. Her er også regnet med gang til tre og snømåking. Det viser seg at arbeidsplasstiden påvirkes mest av treets dimensjon, relative høyde og temperaturforholdene. Snødybden i bestandet øver også en viss innflytelse på tiden, men i noe mindre grad. En ser at avstanden mellom trærne ikke betyr særlig meget for arbeidsplasstiden pr. tre, under jevne terrengforhold. I tabell 17 er arbeidsplasstiden pr. tre regnet om til hogstutbyttet i m³ pr. time. For øvrig henvises til tabell 16 og 17, side 529—530.

Hogstutbyttet pr. dag avhenger så vel av hogstutbyttet pr. time som arbeidsplasstidens lengde pr. dag. I tabell 18 er vist hvorledes denne tid varierte i løpet av hogstsesongen under markarbeidet for nærværende undersøkelse. Arbeidsplasstiden varierte altså fra 5 timer og 4 minutter pr. dag i januar, til 7 timer og 3 minutter pr. dag i april måned.

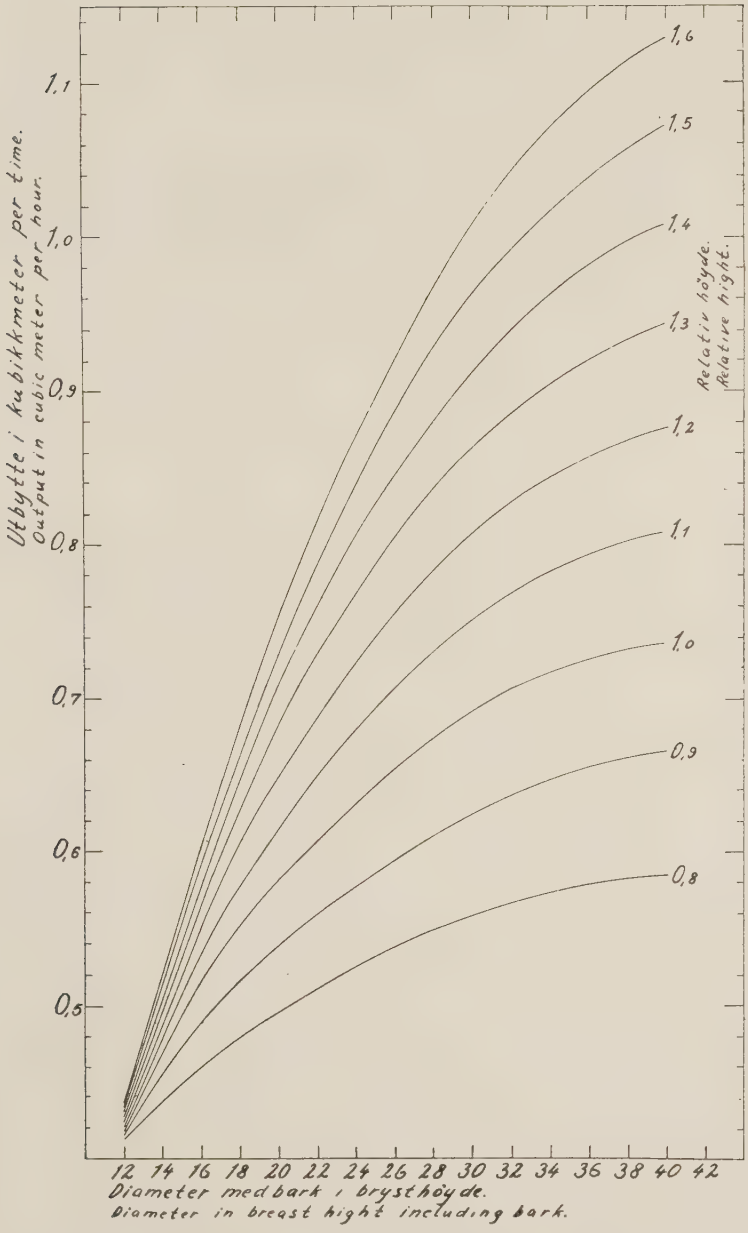


Fig. 24. Timeprestasjonens variasjon med trærnes dimensjon og relative høyde (tinet bark, barmark. Gang mellom trærne er ikke regnet med).
Variation in hourly production with dimension and relative height of tree. (Thawed bark, bare ground. Walking between trees not included.)

ARBEIDSORDNING

Det er av stor betydning at hogstarbeidet planlegges ordentlig. Hoggeren må stadig holde rede på hvor han har redskapen, og han bør planlegge rekkefølgen av deloperasjonene slik at det oppnås et jevnt og flytende arbeidsforløp.

I industrien, særlig i serieproduksjonen, er deloperasjonsrekkefølgen gitt, og arbeideren behøver ikke å ofre denne siden av saken særlig omtanke. Her er det konstruktøren eller fabrikkledelsen som bestemmer arbeidsordningen.

Ved arbeider i skogen derimot, f. eks. hogstarbeidet, kan det ikke formes noen generell arbeidsordning på forhånd, men det

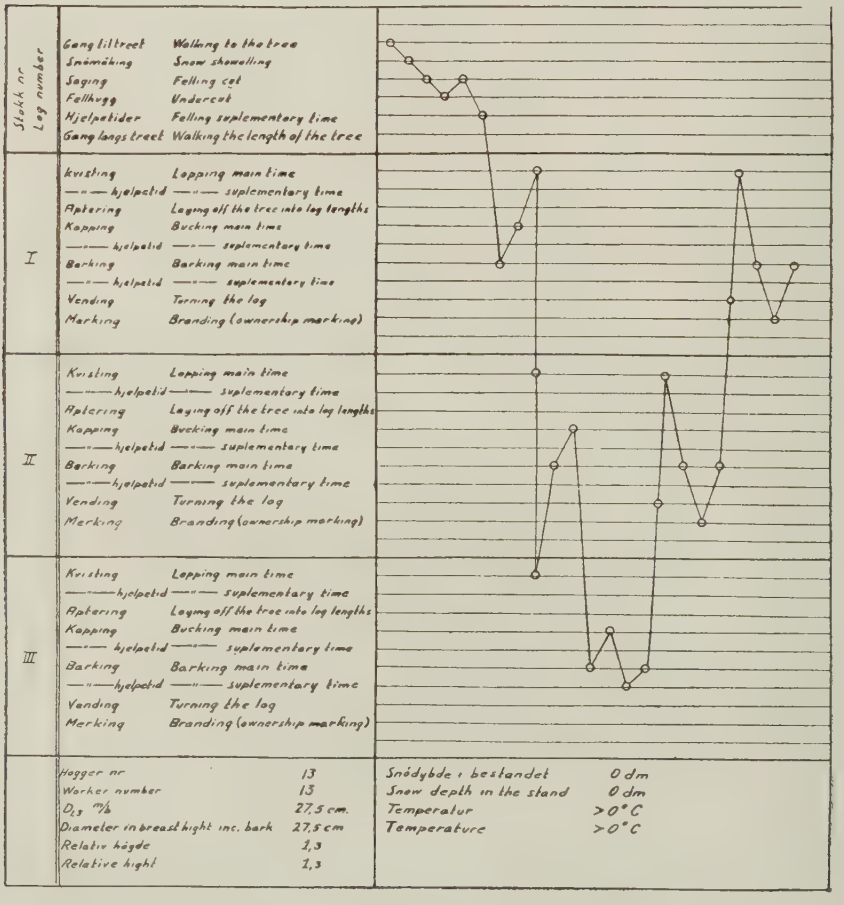


Fig. 25. Flytende arbeidsordning.
Continuous work methods.

overlates til utøveren av arbeidet. Denne frie arbeidsform er skogsarbeiderens privilegium, men det setter samtidig store krav til hans evne til å planlegge arbeidet på en hensiktsmessig måte, så det ikke går ekstra tid bort til å lete etter redskap.

Enkelte hoggere har en utpreget ordenssans og følelse for et flytende arbeidsforløp. For dem faller det naturlig å innrette seg på en god planlegging av arbeidet. Men i alle tilfelle bør en gjennom yrkesopplæringen klarlegge disse forhold for skogsarbeiderne, så de unngår disse unødvendige tapstider og i stedet bruker tiden til produksjon eller ordnede hvilepauser.

Mens hoggeren går til treet bestemmes samtidig felleretningen. Etterat redskapen er lagt til rette, måkes omkring

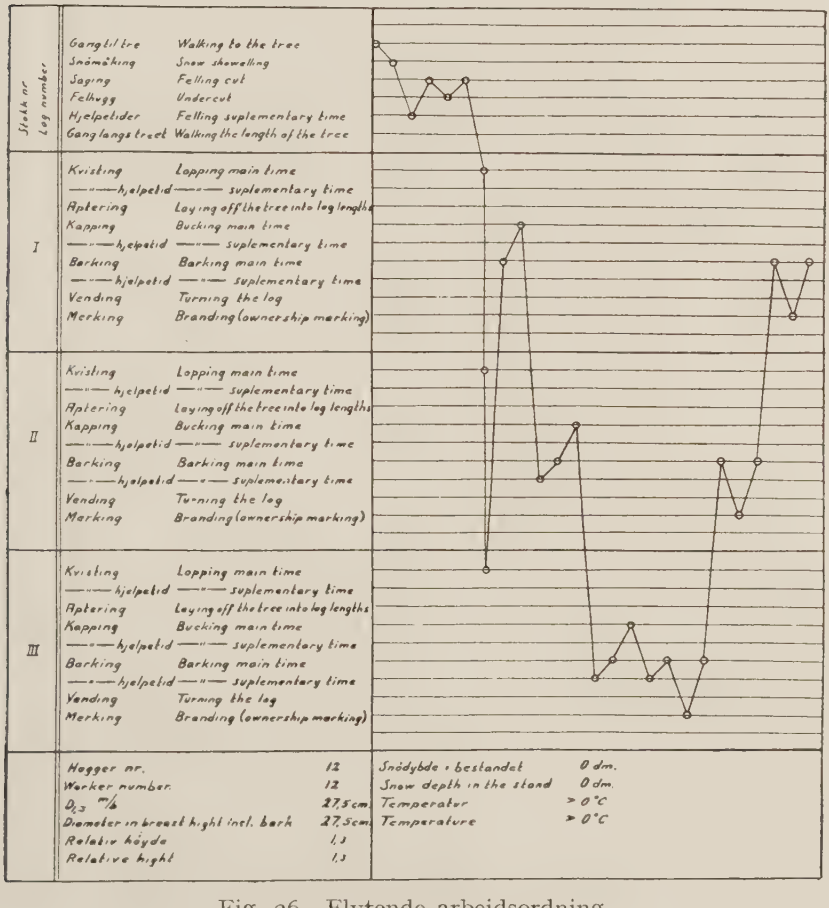


Fig. 26. Flytende arbeidsordning.
Continuous work methods.

treet hvis det er snø, og sjenerende kvist eller kratt blir ryddet tilside. Disse deloperasjoner bør utføres omhyggelig, så hoggeren kan oppnå en god arbeidsstilling og bevegelsesfrihet. Derved kan selve fellingsarbeidene foregå med en naturlig arbeidsrytme, uten tidstap p. gr. a. hindringer eller for liten arbeidsplass. Dette er også viktig av hensyn til ulykkesfaren.

Ofte, særlig når det er sterk vind, er det riktig å lage sagskåret før fellhogget, så det står mest mulig igjen av stubbetverrsnittet, for å unngå klemming. Fellhogget gjøres minst mulig uten at treet flakner i fallet. Det bør derfor lages noe større i frossen ved enn når veden er opptinet. Etterat kile er slått i sagskåret, bør sagingen foregå helt til treet begynner

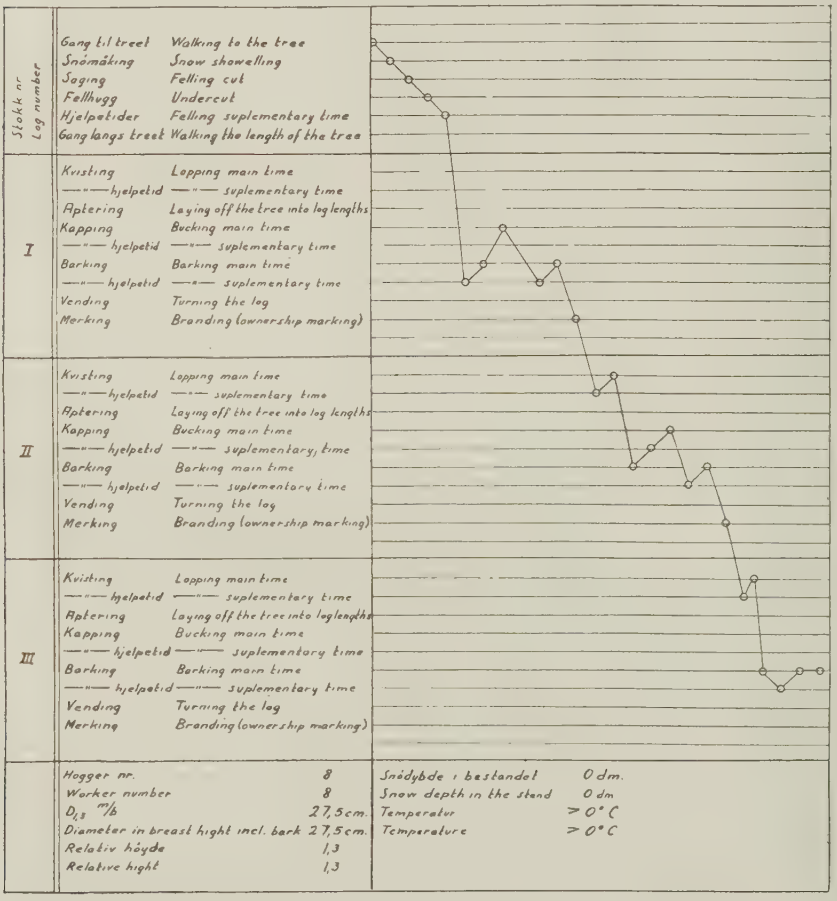


Fig. 27. Stokk for stokk-ordning.
Log by log method.

å falle, så en unngår unødig anstrengelse og tidsspille ved å forsøke å skyve treet overende før det er helt gjennomskåret.

Under markarbeidet fant vi disse tre arbeidsordninger:

«Flytende arbeidsordning» (fig. 25—26).
«Stokk for stokk-ordning» (fig. 27—28).
«Avbrutt, arbeidsordning» (fig. 30).

Ved den f l y t e n d e a r b e i d s o r d n i n g (fig. 25—26) blir først treets overside kvistet fra rot til topp, og der legger hoggeren øksen fra seg. Det er viktig at kvisten avhogges godt inn til stammen, så kvistsårene blir minst mulig til hinder for

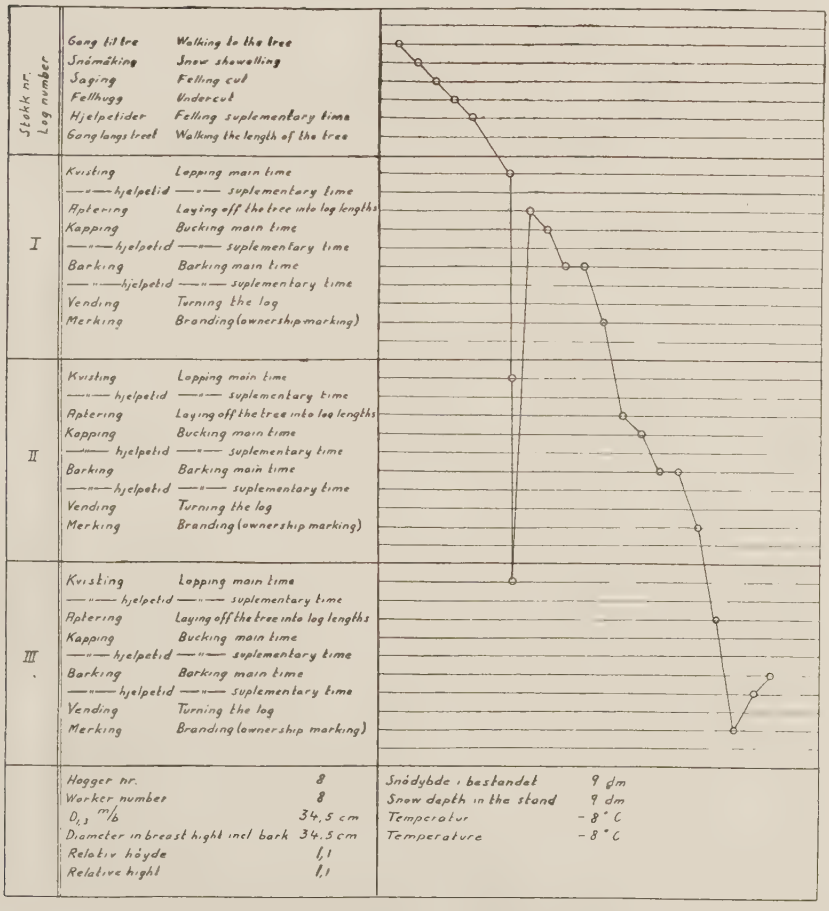


Fig. 28. Stokk for stokk-ordning.
Log by log method.

barkingen. Hoggeren går tilbake til rot-enden, og hvis terrenget tillater det kastes svansen framover langs treet omtrent til det sted hvor første stokk skal kappes. Så barkes oversiden av første stokk. Apteringen foretas samtidig med barkingen (se side 441), enten ved hjelp av skant, eller ved at barkespadens skaft brukes som lengdemål. Når hoggeren har barket seg fram til første kappested, skiftes redskap og stokken blir kappet. Svansen kastes igjen framover til neste kappested, og så barkes og apteres stokk nr. 2. Hvis det bare blir 3 stokker av treet kastes svansen bakover igjen i retning av rota, hvoretter toppstokkens overside blir barket og aptert. Så kappes toppen av,

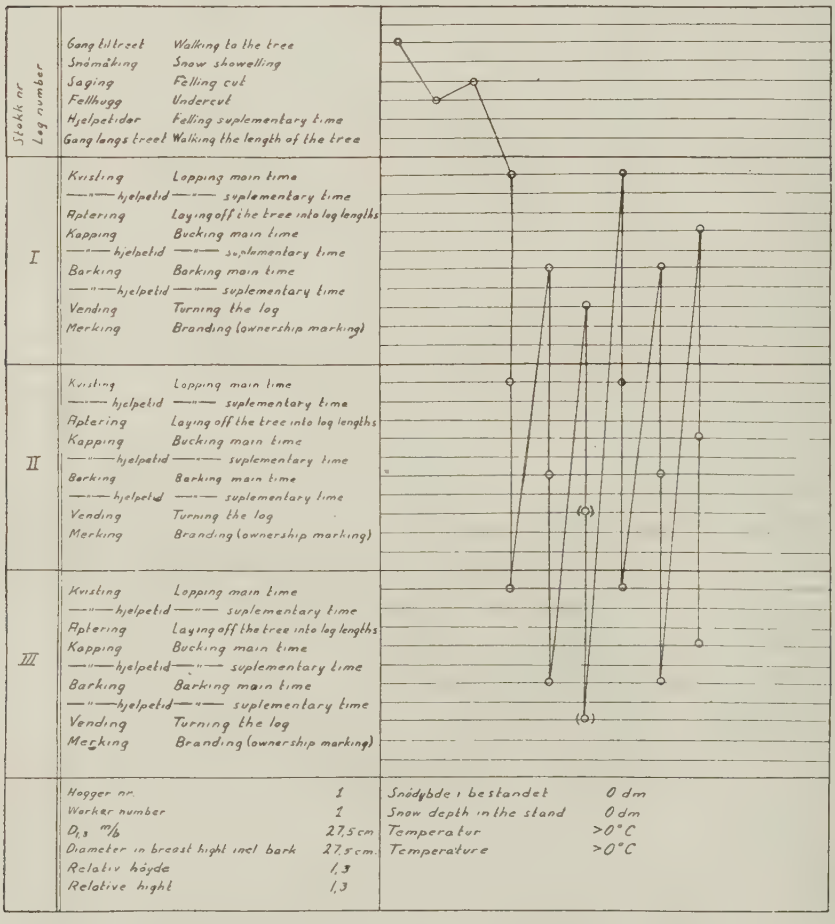


Fig. 29. Avbrudt arbeidsordning.
Discontinued work method.

stokken blir snudd, og den andre siden blir kvistet og barket. Midtmålsmerke hogges inn under barkingen. Det samme gjøres med de to neste stokker, slik at hoggeren arbeider seg tilbake igjen mot treets rotende.

Når hoggeren er ferdig med treet, befinner han seg altså ved treets rotende hvor han også har samlet all redskap. Hoggeren kaster ikke bort tid til å hente redskap eller til gang langs treet eller stokken ved denne arbeidsmåte. Når arbeidsordningen er riktig, blir det praktisk talt ingen gangtid, og hoggeren har alltid redskapen for hånden der hvor han skal begynne med en ny deloperasjon.

Stokk for stokk-ordningen framgår direkte av fig. 27. Her gjør altså hoggeren den første stokk helt ferdig, før han tar fatt på neste stokk.

Denne måte å planlegge arbeidet på, medfører at det ofte må skiftes redskap. Det er som regel vanskelig å ordne seg slik at den redskap som skal brukes ved de forskjellige deloperasjoner er direkte for hånd, men hoggeren må gå fra stokkens rotende til toppenden, eller omvendt, for å hente den. Det blir derfor lett en del tidsspille i form av økte hjelpetider ved denne arbeidsordning.

Fig. 28 viser en variant av arbeidsordningen som blir tillempet når det er mye kvist på trærne. Hoggeren kvister hele treets overside, før han tar fatt på bearbeidingen av hver enkelt stokk. I høy snø er også denne variant av arbeidsordningen en fordel, fordi hoggeren med en gang får en «kvistmatte» å gå på under arbeid med treet.

Fig. 29 viser den avbrutte arbeidsordning. Hoggeren kvister først hele treets overside, hvoretter hele oversiden barkes. Så vendes treet, ved hjelp av vendhake, og treets underside blir kvistet og barket, idet hoggeren enten apterer samtidig med barkingen (se side 441) eller tar apteringen av hele treet etterpå som egen deloperasjon.

Til slutt blir treet kappet til stokker. For de groveste trær skjer oftest apteringen i forbindelse med eller etter at oversiden av treet er barket, så treet kan kappes før hver enkelt stokk blir snudd.

De enkelte hoggere fulgte meget konsekvent en av de tre nevnte arbeidsordninger. Men ved mer spesielle forhold, f. eks.

meget stor kvistmengde, vanskelige terrengforhold, eller stor snømengde, forekom det avvikelser fra de beskrevne arbeidsmåter.

Hogger nr. 3, 13, 14, 15:	Brukte den flytende arbeidsordning.
» » 4, 5, 9, 12:	Brukte vanligvis den flytende arbeidsordning, men slo ofte over i stokk for stokkordningen.
» » 2, 7, 8:	Brukte stokk for stokkordningen.

Den avbrutte arbeidsordning ble bare registrert for hogger nr. 1, som mesteparten av tiden brukte motorsag, så manuelt arbeid bare ble undersøkt for kortere perioder hos ham.

Hvilken arbeidsordning som bør tillempes, vil antagelig være avhengig av hoggerens individuelle egenskaper. Det viktigste er at den arbeidsmetode som tillempes, ordnes systematisk så hoggeren har redskapen mest mulig for hånd når den skal brukes, og framforalt må han alltid ha rede på hvor han kan finne det redskap han har bruk for.

Ved en okulær bedømmelse ute i marken så det dog ut til at den flytende arbeidsordning ga de korteste hjelpetider når den ble utført riktig. Stokk for stokkordningen kunne virke svært rotet.

Derimot virket den avbrutte arbeidsordning grei, og hoggeren hadde lett for å holde rede på redskapen som alltid befant seg ved treets rotende i den tid den ikke var i bruk. Men det ble ofte ekstra gangtider langs hele treet for å hente nytt redskap.

Det viste seg at de hoggere som konsekvent brukte den flytende arbeidsordning hadde et høyt hogstutbytte pr. time, og hoggerne 3, 13 og 14, som hadde de høyest registrerte timeprestasjoner, brukte denne arbeidsordning. Men dette har sikkert også andre årsaker, som hoggerens arbeidsteknikk og treningstilstand.

Hvis apteringen blir gjort av en egen avmåler, så hoggeren slipper denne deloperasjon, vil sannsynligvis den avbrutte arbeidsordning være å foretrekke.

Vi har tidligere vist den gjennomsnittlige virketid pr. tre

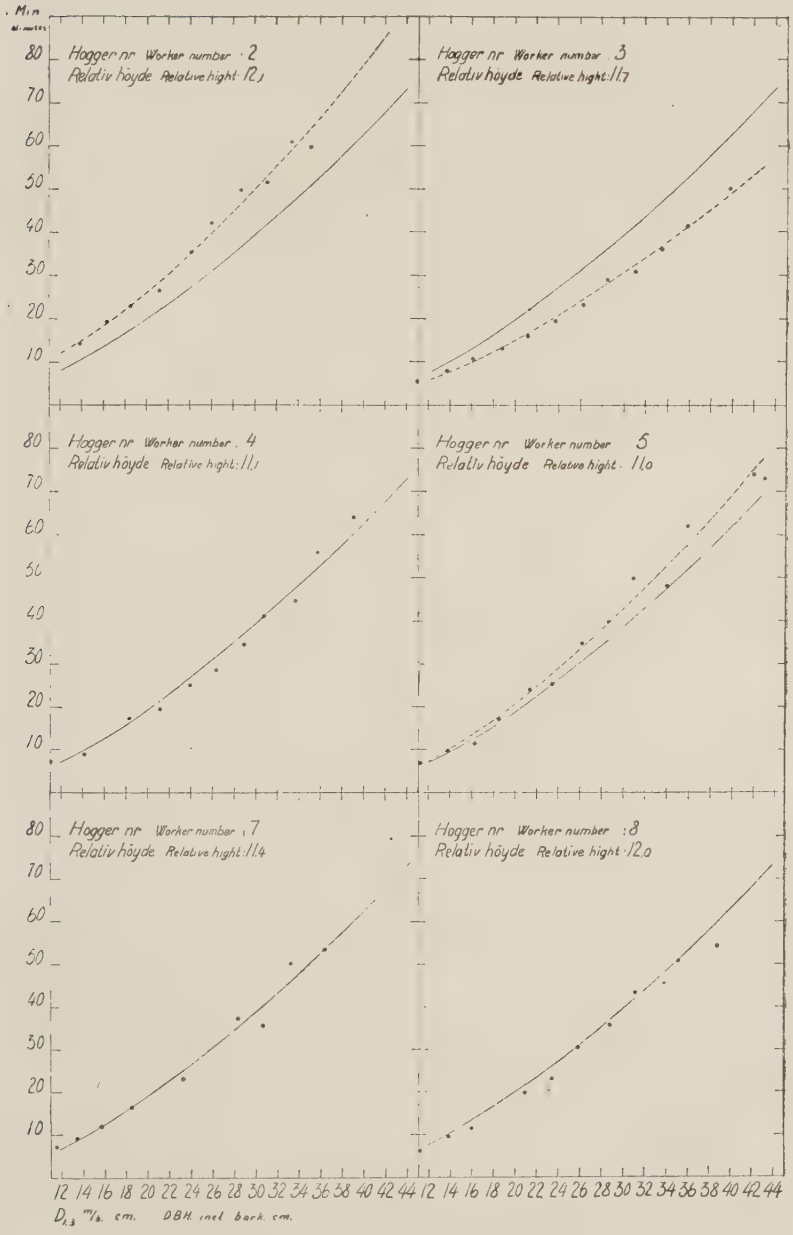


Fig. 30. Hoggernes gjennomsnittlige virketider for trær med tinet bark (5 dm snødybde i bestandet).
The cutters average basis times per tree with thawed bark (5 dm snow depth).

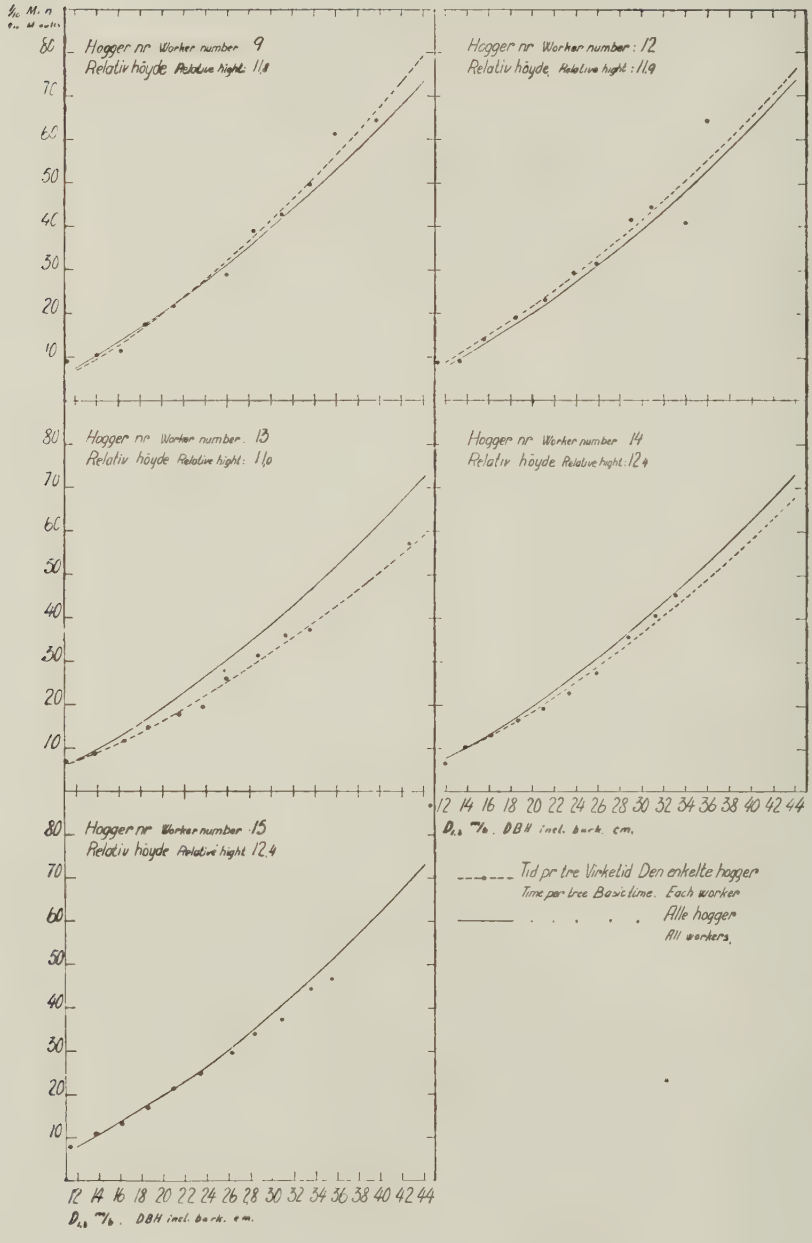


Fig. 31. Hoggernes gjennomsnittlige virketider for trær med tinet bark (5 dm snødybde i bestandet).
The cutters average basis times per tree with thawed bark (5 dm snow depth).

for de undersøkte hoggere. Det er også foretatt en grafisk utjevning av virketiden pr. tre for de enkelte hoggere.

Fig. 30 og 31 viser resultatet av utjevningen. Den er foretatt for alle trær med tinet bark, som er hogget i løpet av driftssesongen. Den gjennomsnittlige relative høyde for disse trær er angitt i figurene. Den gjennomsnittlige snødybde i bestandet var 5 dm, og snødybden varierte lite for de forskjellige hoggere. Det ses av fig. 30 og 31 at middeltallene grupperer seg pent om de grafisk utjevnede virketider for hver enkelt av hoggerne. Videre framgår av figurene forskjellen mellom de gjennomsnittlige virketider for de enkelte hoggere og gjennomsnittstidene for alle hoggerne. Denne forskjell er angitt i tabell 19, som viser hoggernes gjennomsnittlige virketider i prosent av virketidene ifølge utjevningsfunksjonen (formel 14 og 15, side 447—448).

PULSMÅLINGER

Det er tidligere antydet at vi foretok systematiske målinger av hoggernes puls ved de forskjellige deloperasjoner gjennom hele den undersøkte hogstsesong.

For å kunne bruke disse målinger til en direkte bestemmelse av hoggernes energiomsetning pr. tidsenhet under forskjellige forhold ved de forskjellige deloperasjoner, er det nødvendig å kalibrere hoggerne. Dette innses lett, fordi pulsfrekvensen ikke bare varierer med arbeidstyngden, men bl. a. også med hoggernes treningstilstand, arbeidstype, kroppsstilling, alder og trøtthet.

Det lot seg imidlertid ikke gjøre å kalibrere hoggerne, fordi vi manglet den nødvendige apparatur. Derimot ble de prøvd på en Kroghs ergometersykkel ved markarbeidets avslutning.

Ergometersykkelen er en sykkel opphengt på stativ. Sykkelens drivhjul kan bremses av ved et bremsebånd mot en metalltrommel.

Sykkelen hadde en utveksling = 1 : 3.

Når hoggerne kjørte sykkelen med et kjent turtall og bremsens belastning var kjent, kunne derfor den utførte effekt finnes slik (se fig. 32):

$A = \pi \cdot 3 \cdot n \cdot (D + t) \cdot (K_2 \div K_1)$

Her er:

A = utført effekt i kg·m/min.

D = bremsetrommelens diameter i meter.

t = bremsebåndets tykkelse i meter.

n = omdreininger av pedalene pr. min.

K_1 og K_2 avleses i kg.

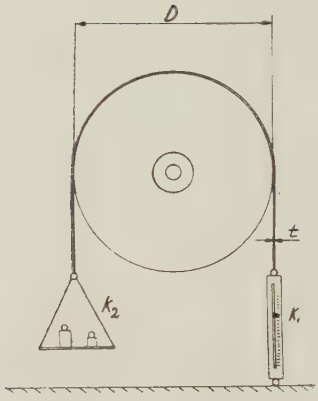


Fig. 32.

Under målingene tråkket hoggeren pedalene rundt med en hastighet av 72 omdreininger pr. minutt, unntagen for de laveste effekter, hvor turtallet var 50 omdreininger pr. minutt.

Før en måling begynte, hvilte hoggeren i 15 minutter i liggende stilling.

Under kjøringen ble pulsen tellet med 2 minutters mellomrom, idet bremsens belastning ble holdt konstant til pulsnivået hadde innstilt seg. Så ble det lagt en større belastning på bremsen, som ble holdt konstant til det nye pulsnivå hadde innstilt seg.

Slik ble bremsens belastning økt trappetrinn-messig inntil vi oppnådde den belastning der pulsfrekvensen ikke innstilte seg på et bestemt nivå, men stadig øket hvis arbeidet fortsatte. (Den øvre tilpassingsgrense.) Det viste seg at så lenge belastningen var lavere enn den øvre tilpassingsgrense for hoggeren, innstilte pulsfrekvensen seg med en gang belastningen økte.

Pulsfrekvensobservasjonene for de forskjellige belastninger som er lavere enn tilpassingsgrensen er utjevnet ved en regresjonsanalyse etter minste kvadraters metode for hver av hoggerne. Tabell 20 viser resultatet av beregningene. Det viste seg at det er en lineær sammenheng mellom den utførte effekt i kilogram-meter pr. min. (A) og pulsfrekvensen (P) slik at utjevningen kunne skje ved hjelp av rette linjer:

$$A = b \cdot P + a$$

Det ses av tabell 20 at korelasjonen mellom pulsfrekvensen og effekten er meget høy, for alle de undersøkte hoggere, og dessuten er pulsfrekvensobservasjonenes spredning omkring de utjevnede regresjonslinjer (*S*) meget liten.

Vi har altså funnet at pulsfrekvensen er direkte proporsjonal med den utførte effekt. Ved de formler som er angitt i tabell 20 kan en regne ut hvilken effekt i kgm pr. min som utføres ved en bestemt pulsfrekvens for hver av hoggerne når arbeidet er sykling. Formlene gir derfor en orientering om de enkelte hoggeres treningstilstand. Jo større koeffisienten (*b*) er og jo mindre det konstante fradrag (*a*) er, dess høyere er den utførte effekt ved en bestemt pulsfrekvens. Om f. eks. pulsfrekvensen er 120 pulsslag pr. minutt, ydet hogger nr. 3: 981 kgm pr. min., eller 0,22 hestekrefter under syklingen. De øvrige hoggere ydet mindre effekt ved denne pulsfrekvens.

Men formlene kan ikke brukes til å finne hoggernes energiomsetning (f. eks. i K.cal. pr. minutt) ved de enkelte deloperasjoner under hogstarbeidet. Årsaken til dette er at pulsfrekvensen varierer en del med de muskelgrupper som brukes under arbeidet og med arbeidsstillingen. Dessuten er ikke hoggerens energiomsetning pr. min. direkte proporsjonal med det arbeid pr. min. (effekten) som utføres, men påvirkes noe av belastningen, så sammenhengen mellom dem avviker svakt fra den rette linje.

Det er imidlertid vist i andre undersøkelser (Zotterman og Lundgren 1948) at hoggerens pulsfrekvens er proporsjonal med den forbrukte surstoff-mengde pr. min. Videre er den forbrukte surstoffmengde tilnærmet proporsjonal med hoggerens energiomsetning f. eks. uttrykt i K.cal. pr. min. Den siste forutsetning er en tilnærmelse, men den feil som begås er meget liten. (Feilen kan i unntagelsestilfelle bli maks. $\pm$ 3 %, men er vanligvis langt mindre.)

Vi gjør derfor ikke stor feil ved å sette at hoggerens pulsfrekvens er proporsjonal med hans energiomsetning pr. minutt, så lenge vi befinner oss under hoggerens øvre tilpasningsgrense.

Da formålet med pulsmålingene i nærværende arbeid bare er å undersøke hvilken relativ forskjell det er i energiomsetningen pr. min. for de forskjellige deloperasjoner under varierende

forhold, er en kalibrering av hoggerne unødvendig, fordi pulsfrekvensen altså tilnærmet gir oss opplysning om dette. Under vurdering av pulsmålingsresultatene må en være klar over at hoggerens energiomsetning pr. minutt alene ikke gir fullt uttrykk for anstrengelsen i alle tilfelle, f. eks. på grunn av ugunstig arbeidsstilling.

I noen deloperasjoner kan det oppstå lokale muskelsmerter, på grunn av «statisk arbeid» i enkelte muskelgrupper, f. eks. bæring av motorsag fra tre til tre (underarmssmerter).

I andre deloperasjoner f. eks. felling med svans, blir åndedrettet og blodets tilbakeføring til hjertet hindret så det blir en surstoffgjeld som må dekkes etter at arbeidet med deloperasjonen er avsluttet.

Pulsfrekvensens variasjon med deloperasjonene framgår av tabell 21 som gjelder de gjennomsnittlige pulsfrekvenser for arbeid med trær med tinet bark, og tabell 22 for trær med frossen bark.

I tabellene er oppgitt gjennomsnittsverdien for antall pulsslag pr. minutt (M) ved de forskjellige deloperasjoner. Dessuten er regnet ut middelfeilen på gjennomsnittsverdiene (m_x), ved hjelp av observasjonenes spredning (σ) omkring den gjennomsnittlige pulsfrekvens: $m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

Disse middelfeil kan brukes til å undersøke om det er påviselig forskjell i pulsfrekvensen, f. eks. ved 2 forskjellige deloperasjoner:

M_x = Den gjennomsnittlige pulsfrekvens for første deloperasjon.

M_y = Den gjennomsnittlige pulsfrekvens for den andre deloperasjon.

$Diff = M_x \div M_y$.

m_x = Middelfeilen på det første middeltall.

m_y = Middelfeilen på det andre middeltall.

m_{diff} = Middelfeilen på differansen.

$$m_{diff} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

Forskjellen mellom de gjennomsnittlige pulsfrekvenser regnes for å være påviselig, når differansen mellom dem er like stor eller større enn tre ganger differansens middelfeil

$$(Diff. \geq 3 \cdot m_{diff})$$

Vi sammenligner først de forskjellige deloperasjoners pulsfrekvenser ved hjelp av gjennomsnittsverdiene for alle hoggerne. For hogst av trær med tinet bark (tabell 21) er pulsfrekvensen påviselig større for fellingen enn for alle de øvrige deloperasjoner. Kappingen forårsaker påviselig større pulsfrekvens enn alle deloperasjoner unntatt felling og barking. Derimot er det ingen sikker forskjell i pulsfrekvensverdiene for barking, kvisting og fellhogg. Ved tinet bark bevirker barkingen med sikkerhet bare større pulsfrekvens enn aptering og hjelpetider. Det ses videre at pulsfrekvensen er påviselig mindre ved deloperasjonene aptering, merking og hjelpetider, enn ved alle de øvrige deloperasjoner.

Når barken er frossen blir forholdet noe annerledes (tabell 22). Her er det nok en tendens til at fellingen bevirker høyere pulsfrekvens hos hoggerne enn barkingen gjør, men denne forskjell er ikke statistisk sikker. Det samme er tilfelle for kappingens og kvistingens vedkommende, men tendensen til forskjell er her mer utpreget enn tilfelle er for barkingen. Derimot er hoggernes pulsfrekvens ved felling påviselig større enn for de øvrige deloperasjoner.

Det er ingen påviselig forskjell i pulsfrekvensen ved barking, kvisting og kapping, selv om det er en tendens til noe høyere pulsfrekvens hos hoggerne for barkingens vedkommende. Også for trær med frossen bark bevirker aptering, merking og hjelpetider med sikkerhet en mindre pulsfrekvens enn de øvrige deloperasjoner gjør.

Det kan ha en viss interesse å se litt mer på enkelte av deloperasjonene.

For trær med tinet bark, er pulsfrekvensen ved felling 7,4 % høyere enn pulsfrekvensen ved barking. Ifølge det som er nevnt foran, tilsvarer dette at energiomsetningen pr. minutt er omtrent 7,4 % større under fellingen enn under barkingen. I forrige avsnitt er imidlertid vist at fellingen bare tar 5—12 % av hele virketiden ved trær med tinet bark, mens f. eks. barkingen krever 35—65 % av tiden. Dette forhold er enda mer utpreget når barken er frossen. Her er pulsfrekvensen under fellingen bare 2,4 % større enn pulsfrekvensen under barkingen, og denne forskjell er ikke statistisk sikker.

Tabell 23 viser resultatet av en del pulsmålinger under fellingsarbeidet når det utføres med motorsag, sammenlignet med manuelt arbeid. Målingene gjelder Power Universal motorsag i en periode da sagen ble brukt sammen av 3 hoggere. Motorsagen gikk altså på lån mellom de tre hoggere, som selv felte trærne og utførte de øvrige deloperasjoner ved treet etterpå.

Om vi betrakter gjennomsnittsverdiene for de tre hoggere, ses det at felling ved hjelp av motorsag utføres med 8,5 % lavere pulsfrekvens enn når den utføres manuelt, og denne forskjell er statistisk sikker.

For gang til tre er forholdet omvendt. De oppgitte pulsfrekvensverdier gjelder for barmark, og 5—15 meters avstand mellom trærne. Her er pulsfrekvensen 7,4 % høyere når hoggerne bærer motorsagen med seg, enn når de har med seg vanlig håndredskap. Denne forskjell viser at det er en meget tydelig tendens, men forskjellen er ikke statistisk sikker.

Da disse pulsmålinger bare gjelder 3 hoggere, må resultatet bare betraktes som et eksempel, som dog viser at mens fellearbeidet blir lettere med motorsag, så er det tyngre å gå til et nytt tre, enn når disse arbeider utføres som manuelt arbeid. For fellingens vedkommende er imidlertid manuelt arbeid sikkert noe mer anstrengende enn det som forskjellen i pulsfrekvens skulle tilsi, p. gr. a. den ugunstige arbeidsstilling når sagingen utføres med håndsag, slik som vi har antydet ovenfor.

Det framgår av tabell 21 og 22 at hoggerne hadde en forholdsvis høy pulsfrekvens under kappingen. Dette arbeid ble utført med svans (Bredbyfortanning). Kappingen ville sannsynligvis vært lettere om den var utført med bågesag med høveltannet, eller Orsa-tannet blad. Men disse forhold er ikke undersøkt nærmere i denne sammenheng.

Det viste seg at de forskjellige hoggere arbeidet med meget forskjellige pulsfrekvenser for de samme deloperasjoner under hogstarbeidet. (Tabell 21 og 22). Det er statistisk sikker forskjell i pulsfrekvensen for flere av hoggerne for de fleste deloperasjoners vedkommende. Årsaken til dette er bl. a. hoggernes alder og treningstilstand, deres arbeidsteknikk, samt den hastighet som de arbeider med under hogsten.

I denne forbindelse bør understrekes at pulsfrekvensene i tabell 21 (tinet bark) ikke må sammenlignes med tilsvarende

verdier i tabell 22 (frossen bark). Dette kommer av at hoggerne vanligvis oppnår en bedre treningstilstand i løpet av hogstsesongen. Da pulsfrekvensene i de 2 tabeller refererer seg til forskjellige deler av hogstsesongen, vil forskjellen i pulsfrekvensverdiene ikke bare skyldes de endrede hogstforhold, men bl. a. også hoggernes treningstilstand. Det er f. eks. bemerkelsesverdig at hoggerne 2, 3 og 8 gjennomgående arbeider med lavere pulsfrekvenser når barken er frossen, enn når den er tinet. Trær med frossen bark ble registrert i løpet av den midtre delen av hogstsesongen, mens trær med tinet bark enten ble registrert i den første delen av driftssesongen eller i den siste delen. For hoggerne 3 og 8 er det imidlertid bare få pulsobservasjoner i siste delen av sesongen, så pulsmålingene ved trær med tinet bark vesentlig refererer seg til første delen av hogstsesongen. Særlig er forholdet utpreget for hogger nr. 3, som var en meget aktiv langrennsløper og drev målbevisst og systematisk trening på ski. For disse to hoggere er antagelig den bedre treningstilstand hovedårsaken til det lavere pulsfrekvensnivå når barken er frossen. Hogger nr. 2 derimot nedsatte bevisst sitt arbeidstempo i ugunstige klimaforhold under hogsten, og dette er antagelig hovedårsaken til forskjellen i pulsfrekvensnivåene for hans vedkommende.

Det har en viss interesse å sammenligne enkelte av hoggerne hva angår deres pulsfrekvensnivå under arbeidet (tabell 21), hogstutbytte (tabell 19), tapstider (tabell 15), samt pulsnivå ved ergometerprøvene (tabell 20). Sammenligningen gjelder hogst av trær med tinet bark.

H o g g e r 2 o g 3 . Av de undersøkte hoggere, oppnådde hogger nr. 3 det største hogstutbytte pr. time av virketiden, mens hogger nr. 2 hadde det minste hogstutbytte. De brukte omtrent like lang tid til hvilepauser.

Hogger nr. 3 var som før nevnt en aktiv langrennsløper og trenet metodisk hele sesongen, mens hogger nr. 2 ikke drev noe idrett.

Under hogsten arbeidet hogger nr. 3, med et jevnt forholdsvis høyt tempo og hadde en meget god arbeidsteknikk. Han hvilte ofte, men kort tid hver gang, og hadde med seg sukkervann som han drakk av i hvilepausene mellom måltidene.

Hogger nr. 2 arbeidet derimot med et forholdsvis langsomt

tempo, men hadde også god arbeidsteknikk. Han brukte omtrent samme tid til hvilepauser som hogger nr. 3, men det var lenger mellom hvilepausene. Til gjengjeld tok hver hvilepause lengere tid, idet hoggeren satt og koset seg med sin pipe.

Hogger nr. 2 arbeidet med et lavere pulsfrekvensnivå enn hogger nr. 3, og forskjellen mellom de to hoggeres pulsfrekvenser er statistisk sikker for de fleste av deloperasjonenes vedkommende, til tross for at hogger nr. 3 hadde en bedre treningstilstand. Den større innsats som hogger nr. 3 ytet i arbeidet sammen med hans gode treningstilstand, er antagelig årsaken til den store forskjell i de to hoggeres hogstutbytte pr. virketime.

Hogger nr. 7 og 8 brukte omtrent samme virketid til hogst av trærne, og brukte omtrent like lang tid til hvilepauser. Men hogger nr. 7 arbeidet med et langt høyere pulsfrekvensnivå enn hogger nr. 8, forskjellen er statistisk sikker for alle deloperasjonenes vedkommende. Hogger nr. 7 måtte altså arbeide med en større energiomsetning pr. min. for å oppnå samme arbeidsresultat som hogger nr. 8. Dette tyder på at hogger nr. 8 hadde en bedre treningstilstand enn hogger nr. 7, et forhold som også viste seg ved ergometer-prøvene (tabell 20).

Hos hogger nr. 13 og 14 er det meget liten forskjell i det oppnådde hogstutbytte pr. virketime. Hogger nr. 13 hadde dog et litt større hogstutbytte enn hogger nr. 14. Det er en tydelig tendens til at hogger nr. 13 arbeidet med en høyere pulsfrekvens enn hogger nr. 14, for alle deloperasjonenes vedkommende men forskjellen er ikke statistisksikker. På den annen side hadde hogger nr. 13 en bedre treningstilstand enn hogger nr. 14. Årsaken til at hogger nr. 13 arbeidet med et høyere pulsfrekvensnivå, kan delvis skyldes at han ikke hadde så god arbeidsteknikk som den andre. Dessuten unte han seg lite hvilepauser mellom måltidene, men drev energisk på, og maset seg derfor mer ut enn hogger nr. 14.

Dimensjonens innflytelse. I tabell 24 er sammenstilt resultatene fra en beregning for trær med tinet bark, for å undersøke om arbeidets tyngde øker noe med dimensjonen.

Det viser seg at det er en tendens til øking i hoggernes pulsfrekvenser under deres arbeid med deloperasjonene fellhogg, kvisting, og barking, når vi sammenligner små og store

dimensjoner, men økingen er statistisk sikker bare for fellhoggets vedkommende. Det er rimelig at vi finner en tendens til øking ved disse deloperasjoner.

Trærnes gjennomsnittlige grentykkelse er jo større for store enn for små trær, så hoggerne legger mer kraft i hvert hogg under kvistingen jo større dimensjonen er. Et lignende resonnement gjør seg gjeldende for fellhoggets vedkommende. Når trærne er store må fellhogget gjøres større enn for små dimensjoner, så hoggeren tar mer i under hoggingen.

Under barkingen må hoggeren legge mer kraft i hvert tak med barkespaden jo større dimensjonen er. Dette skyldes delvis at barktykkelsen øker med dimensjonen, og delvis at hoggeren tar ut en bredere barkestrimmel på store enn på små dimensjoner. Begge disse ting bidrar til å øke barkemotstanden jo større trærne er.

Vi ser videre av tabell 24, at det ikke er noen forskjell i hoggernes pulsfrekvenser for brysthøydediameter på 15—25 cm m/b når det gjelder kappingen. Ved større dimensjoner er det en tendens til øking i pulsfrekvensen, men økingen er ikke statistisk sikker. Årsaken til denne tendens er antagelig at det blir mer klemming under kappingen av de største trær. Om det var brukt bågsag istedenfor svans, er det derfor sannsynlig at vi ikke ville finne noen slik øking så lenge dimensjonen ikke er så stor at bågsagen ikke kan brukes, fordi bågsagbladet kan oppsettes slik at det ikke blir noen klemming av betydning.

For deloperasjonene aptering, merking og hjelpetider er det ikke noen tendens til at pulsfrekvensnivået endres noe med dimensjonen. Det samme gjelder fellingen. Motstanden ved sagingen øker nok bare uvesentlig med dimensjonen, hvis hoggeren, endrer sagens bevegelsesretning under sagens fram- og tilbakeføring, så sagtennene bare arbeider på en del av sagskårets bunn. Dessuten er den ugunstige arbeidsstilling en av årsakene til den forholdsvis store anstrengelse som sagingen er for hoggeren, og arbeidsstillingen blir jo den samme enten dimensjonen er stor eller liten.

FELLING OG KAPPING MED MOTORSAG

Tømmerhogst er et tungt arbeid som setter store krav til hoggerens fysiske utrustning. Både av denne grunn, og fordi skogbrukets lønnsomhet i mange tilfelle er sterkt truet av høye driftsutgifter, har man allerede lenge arbeidet med å lette og forenkle hogstarbeidet ved hjelp av maskinkraft. Dette gjelder særlig de tyngste og mest arbeidskrevende av deloperasjonene, barking og felling. Barking i skogen med maskinkraft er fremdeles et uløst spørsmål. Derimot er det i det siste kommet på markedet en del motordrevne kjedesager av så god konstruksjon, at det er berettiget å sette dem inn i tømmerhogsten til felling, og for en del av sagtypenes vedkommende også til kapping.

Det hadde derfor stor interesse å undersøke de nye sagtyper i forbindelse med nærværende analyse av hogstarbeidet for å se hvilken innflytelse de kunne øve på hogstresultatet. Det ble valgt ut 4 forskjellige typer motorsager, idet vi under valget tok hensyn til de praktiske erfaringer og undersøkelser som allerede forelå angående en del av sagene.

Alle de valgte sager består av en ensylindret totakts bensinmotor med svinghjulsmagnet. Motoren driver en sagkjede (fig. 33) hvor kjedens ledd er forsynt med skjærtenner og høveltenner. De forskjellige sagenes motorstyrke (oppgitt av fabrikantene) og sylindervolum er beskrevet side 407. Sagene betjenes enten av en eller to mann.

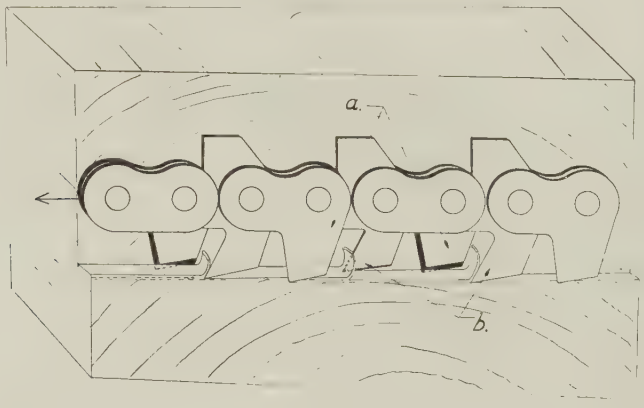


Fig. 33. Motorsagkjede.
Power saw chain.

Power Universal (fig. 6, side 406) er en enmannssag som veier 18,4 kg fullt montert og påfylt bensin og olje. Sagkjeden løper rundt et 50 cm langt sverd. Sagen har svingbar flottørforgasser, som må dreies forat den skal være loddrett så vel i sagens felle- som kappestilling. Når motoren går, kan kjeden stoppes ved hjelp av en lamellkobling.

«Jobu Prototyp» (fig. 8, side 408). Før markarbeidet ble satt i gang ble det demonstrert en norsk prøvemodell av en enmanns motorsag.

Sagen var helt provisorisk, blant annet hadde den en lettvekts motorsykkelmotor som kraftkilde.

Men den hadde en del gode egenskaper som gjorde at vi tok maskinen med i undersøkelsen. Særlig hadde det lykkes konstruktørene å få et hendig og smalt sverd ved hjelp av en trinse i sverdets framre ende, og dette skapte forhåpninger om at sagen var lett å arbeide med under kronglete skogforhold, og når det lett oppstår klemming under fellingen.

Alle forhandlere eller konstruktører av de forskjellige sagtyper som var med under forsøkene, hadde fri anledning til å besøke hogstfeltene under markarbeidet, og ta del i de praktiske erfaringer vi etter hvert kom fram til. Dette ble i stor utstrekning benyttet, og bl. a. konstruktørene av Jobu, samt den engelske fabrikant som laget Jobu-motoren, var ofte til stede under markarbeidet for å følge med. Det lyktes dem derfor å lage en lett enmannssag, som ble tatt med under markarbeidets siste del.

Jobu - fabrikktypen (fig. 7, side 406) er derfor bare undersøkt i vårperioden da det var barmark eller tynt snødekke og trærne hadde tinet bark og ved.

Sagen veier 17,3 kg, fullt montert og med full bensin- og oljetank. Sverdet er 45 cm langt. Flottørforgasseren er festet til en svingbar bensintank, som må dreies for at forgasseren skal stå loddrett så vel i felle- som kappestillingen. Sagkjeden frikobles ved hjelp av en lamellkobling.

Det er tidligere foretatt undersøkelser over 2-mannssager av større og kraftigere type (Carpelan 1948). Vi valgte derfor å ta med to lettere typer av tomannssagene. Disse sager har også vært en del brukt som enmannssager, bl. a. i Amerika, men da det nå finnes langt lettere motorsager er det ingen grunn til å bruke dem som enmannssager under våre forhold.

Precision Parts (fig. 5, side 405), veier 24,8 kg, fullt montert og med fulle tanker. Når sagen bæres fra tre til tre av to mann, faller det 15 kg på den ene av dem og 9,8 kg på den andre. Når sagen holdes i fellestilling, løfter motorsageren 17,2 kg, mens hjelpemannen løfter 7,6 kg. Denne motorsag ble brukt som buesag, idet sagkjeden løper langs en smal skinne på framsiden og rundt en bue, beskyttet av lettmetallsdeksel på baksiden. Buen hadde 45 cm lang skjærevidde. Motoren har flottørforgasser som kan dreies rundt så den stadig står loddrett, så vel i felle- som kappestillingen. Denne motorsag ble undersøkt både som en- og som tomannssag.

Timberhog (Reed Prentice, fig. 4, side 404). Denne sag veier 28,9 kg montert og påfyllt bensin og olje. Når den transporteres fra tre til tre, bærer den ene av de to hoggere 14,9 kg og den andre 14 kg. I fellestilling faller 23 kg av vekten på motorsageren, mens det på hjelpemannen faller 5,9 kg. Sagkjeden løper rundt et 60 cm langt sverd. Brennstoffet føres til motorens sylinder ved hjelp av en injektor («flotørløs forgasser»). Da denne ikke trenger å stå loddrett for å virke, slik som flottørforgasserene, kan sagen arbeide i alle stillinger uten at en behøver å snu forgasseren. Det skaffes bensin til injektoren selv om bensintanken skulle komme lavere enn denne, idet et overtrykk holdes ved like på tanken under motorens gang ved hjelp av et luftrør fra injektoren til bensintanken.

Sagen er forsynt med sentrifugalkobling, slik at det ikke finnes noe eget håndtak for å koble fri kjeden. Når motoren går langsomt, står kjeden stille, men når motorens hastighet økes ved å tilføre mer brensel, griper sentrifugal-koblingen og sagkjeden settes i bevegelse. Når en skal stanse kjeden, gir en motoren mindre gassblanding, så motorens turtall går ned. Derved slipper sentrifugalkoblingen, og sagkjeden stanser.

Angående nærmere detaljer om de beskrevne motorsager henvises til håndbøker hos sagenes forhandlere.

De enkelte deloperasjoner.

For å finne fram til de faktorer som øvde tydelig innflytelse på deloperasjonstidene, er nyttet den samme framgangsmåte som er beskrevet side 428.

Når vi hadde valgt de faktorer som det burde tas hensyn til, ble tidsstudiematerialet utjevnet grafisk ved hjelp av den gjennomsnittlige tid innen hver av de klasser som materialet er delt opp i.

Utjevningen grunner seg på følgende materiale:

Motorsag	Felling Antall trær	Kapping Antall trær	Antall stokker
(Jobu prototyp)	503	184	587
Jobu	290	195	535
Power Universal	845	175	497
Timberhog	1 600	—	—
Precision	905	—	—
Sum	4 143	554	1 619

Sagingen.

Det viste seg at sagetiden er proporsjonal med kvadratet av brysthøydediameteren. Dette betyr, at sagetiden også for motorsagenes vedkommende, er proporsjonal med det avskårne stubbeareal. (Se side 430 og 431.) Vi kan finne stubbearealet når brysthøydediameteren og stubbekvotienten $\left(K = \frac{D_{st}}{D_{1,3}}\right)$ er kjent.

Vi har funnet disse stubbekvotienter for de forskjellige motorsagene:

(Jobu prototyp): $K = 1{,}230 \pm 0{,}008$
Jobu: $K = 1{,}241 \pm 0{,}011$
Power Universal: $K = 1{,}217 \pm 0{,}005$
Timberhog: $K = 1{,}222 \pm 0{,}005$
Precision: $K = 1{,}198 \pm 0{,}004$
Svans: $K = 1{,}209 \pm 0{,}001$

Under ellers like forhold vil stubbekvotienten gi et begrep om stubbehøyden ved de forskjellige motorsager i forhold til manuelt arbeid, idet stubben er lavere jo større stubbekvotienten er. Stubbekvotienten varierte meget lite for de forskjellige hoggere som brukte en bestemt motorsag. Da motorsagene er kjørt samtidig med manuelt arbeid på de samme hogstfelter

i løpet av hogstsesongen, er det liten forskjell i den relative høyde for de trær som er felt med svans, og for de som er felt med motorsag. Dette gjelder imidlertid ikke J o b u som først kom med i forsøkenes siste del, og derfor bare er studert under arbeid i liskog. Trærnes relative høyde øvde imidlertid ikke merkbar innflytelse på stubbekvotienten, hvilket tyder på at det er blitt noe høyere stubber når rotutsvelningen er stor enn når den er liten. Dette er rimelig, fordi hoggerne hadde instruks om at stubbeavskjæret skulle hogges n e d i øverste rotgren.

Ved sammenligning av de forskjellige stubbekvotienter ses at det ikke er statistisk sikker forskjell i stubbekvotienten, enten trærne felles med svans eller motorsag. Det er dog en tendens til lavere stubber for alle motorsagene (unntatt Precision) enn for manuelt arbeid.

Når Precision har så lav stubbekvotient, skyldes dette delvis at det ofte var vanskelig å komme til med sagbuen, fordi denne tar større plass og er mer følsom for små terrengvariasjoner innved trestammen enn et sverd ville være.

Utjevningen av sagetidene for de forskjellige motorsager når veden er tinet, er vist i fig. 34.

De utjevnede kurver kan beskrives av følgende formler, som gir sagetiden i $^1/_{10}$ minutter:

(Jobu prototyp): $y = 0{,}0131 \cdot D_{1{,}3}^2 + 0{,}98$
Jobu: $y = 0{,}0078 \cdot D_{1{,}3}^2 \div 0{,}01$
Power Universal: $y = 0{,}0157 \cdot D_{1{,}3}^2 + 0{,}00$
Timberhog: $y = 0{,}0048 \cdot D_{1{,}3}^2 + 1{,}20$
Precision: $y = 0{,}0160 \cdot D_{1{,}3}^2 + 0{,}00$

Det ses at sagetiden er langt kortere ved de prøvde motorsager enn ved manuelt arbeid. Det er forholdsvis liten forskjell i skjærehastigheten for Power Universal, Precision og (Jobu Prototyp), mens Jobu og Timberhog bruker kortest tid til å skjære i gjennom stubben. Det er bemerkelsesverdig at det er så liten forskjell i skjæretiden for Timberhog og Jobu, til tross for at Jobu ble betjent av 1 mann, mens Timberhog ble betjent av 2 mann.

Temperaturen øver en viss innflytelse på skjærehastigheten. Jo lavere temperaturen er, desto lenger tid tar sagingen.

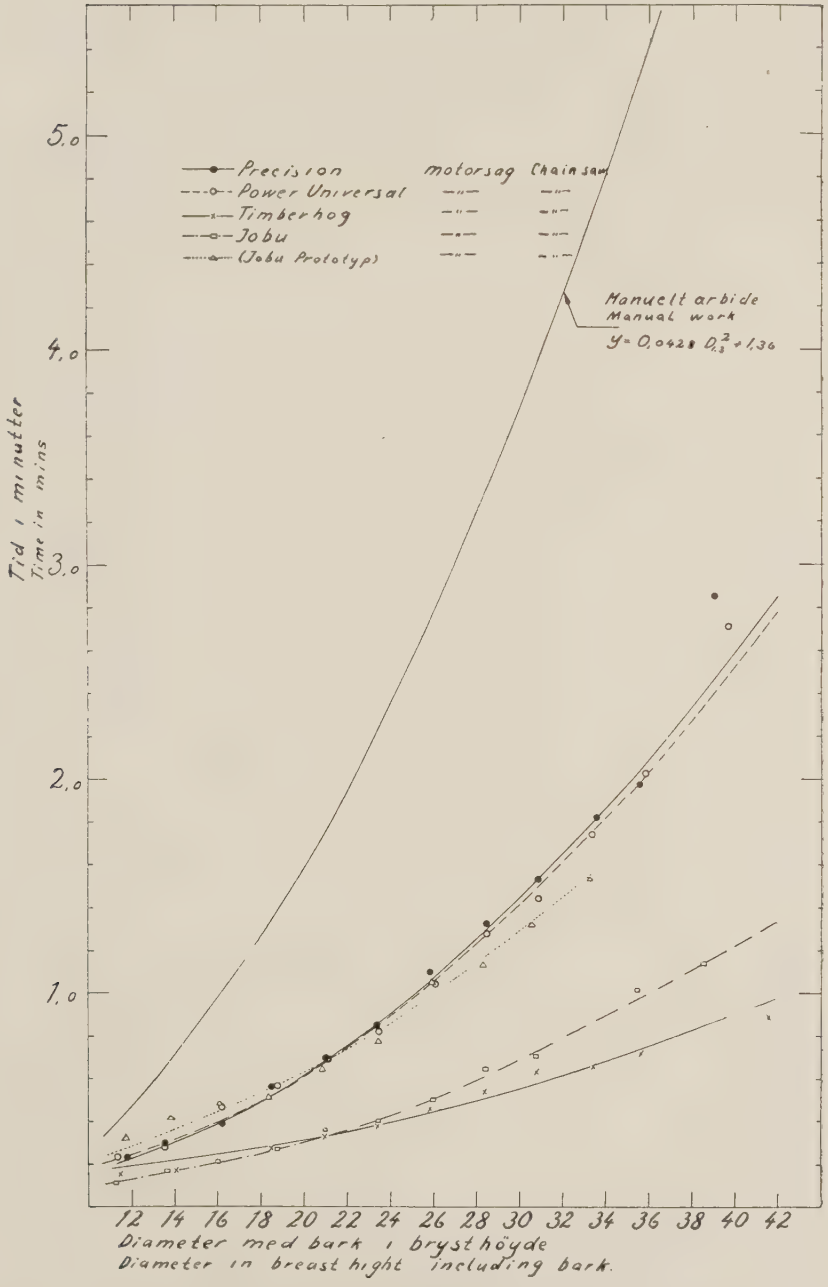


Fig. 34. Utjevning av sagtidene (lufttemperatur $\geq$ o° C).
Eliminating of sawing times (air temperature $\geq$ o° C).

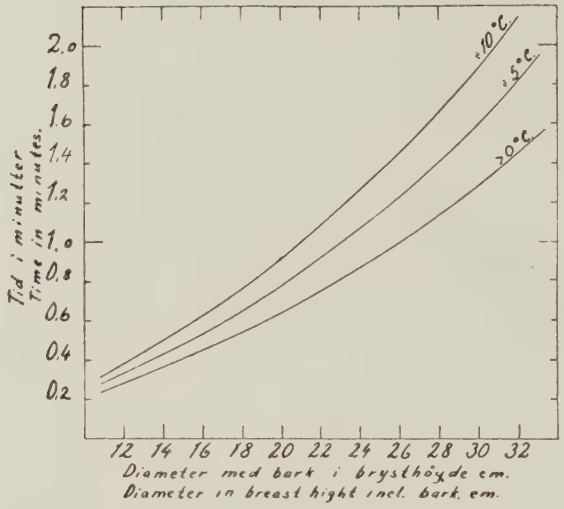


Fig. 35. Sagetidenes variasjon med lufttemperaturen og trærnes dimensjon. (Jobu prototyp.)
Variation in sawing time with air temperature and tree dimension (Jobu Prototype).

Fig. 35—38 viser de utjevnede kurver for sagetiden ved forskjellige dimensjoner når lufttemperaturen er $\leqq 0°$, $\div 5°$ og $\div 10°$ Celsius. Forat sagsverdet ikke skal gå varmt, blir det smurt med olje under kjøringen. Når det var kaldt vær, ble smøreoljen fortynnet med solarolje, slik at ikke motstanden mellom

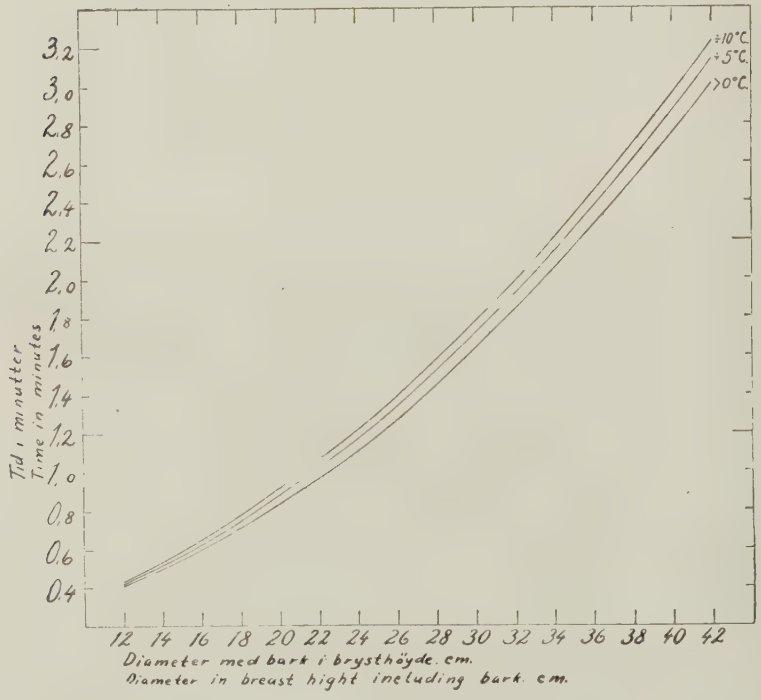


Fig. 36. Sagetidens variasjon med lufttemperaturen og trærnes dimensjon. (Precision Parts.)
Variation in sawing times with air temperature and tree dimension (Precision Parts).

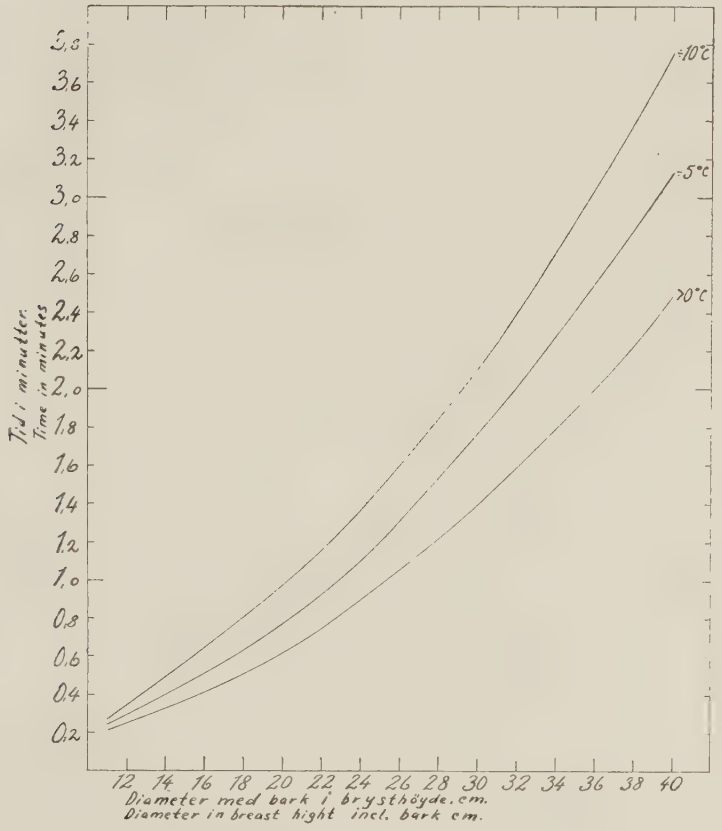


Fig. 37. Sagetidens variasjon med lufttemperaturen og trærnes dimensjon. (Power Universal.)
Variation in sawing times with air temperature and tree dimensions (Power Universal).

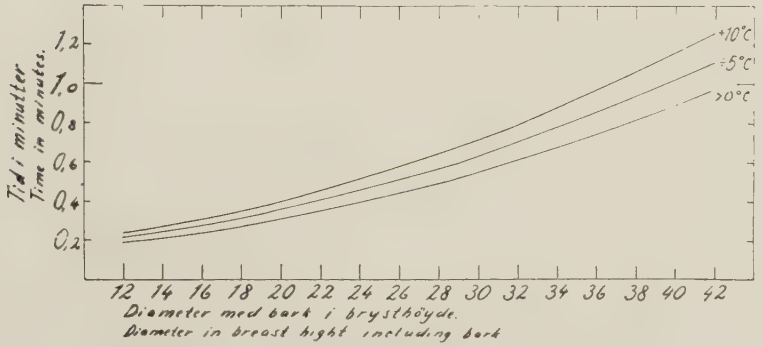


Fig. 38. Sagetidens variasjon med lufttemperaturen og trærnes dimensjon. (Timberhog.)
Variation in sawing times with air temperature and tree deimension (Timberhog).

kjede og sverd skulle øke. Den større snittid i kaldt vær skyldes sannsynligvis at barken og veden fryser, så selve sagingen blir tyngre.

Under slike forhold blir veden hardere, så en må file sagkjedens skjærtenner «mindre på». Dette betyr at en lar skjærtennenes framkant helle mer bakover, forat sagkjeden ikke skal hogge seg fast. Likeledes bør høveltennenes framkant helle mindre framover. Når veden er løs og opptinet, kan en file høveltennenes framkant så de står mer framover, og skjærtennes framkant så de heller noe mindre bakover, enn for frossen ved. Derved vil hver av skjærtennene ta bedre tak og skjære seg dypere ned i sagskårets bunn så hver sagflis som tas ut, blir tykkere.

Det ses av fig. 36 og 38 at tomannssagene påvirkes mindre av temperaturen enn de to enmannssager. Dette er rimelig, fordi hjelpemannen lett kan presse sverdet godt inn mot trestammen så sagkjeden får et godt anlegg mot sagskårets bunn, og skjærtennene vil skjære seg godt ned i sagskåret til tross for at de er mer bakoverstilt enn når de er filet for løs ved.

Det har en viss interesse å se hvilken rolle s v e r d e t s l e n g d e spiller når dimensjonen er stor. Dette forhold er studert i et tidsrom da det var montert et 30 cm langt sverd på Jobu prototyp. Det er nevnt ovenfor at sagetiden er proporsjonal med stubbeavskjærets areal. Sagetiden kan altså finnes ved hjelp av en funksjon av typen:

$$y = b \cdot D_{1,3}^2 + a$$

Om vi utjevner sagetidene over kvadratet av brysthøydediameteren, vil det altså bli en rett linje.

Fig. 39 viser sagetidene for felling med Jobu prototyp, utjevnet over $D_{1,3}^2$. Det ses at vi får et brudd på kurven ved $D_{1,3}^2 \approx 1080$ cm², som svarer til at $D_{1,3} \approx 32{,}9$ cm m/b.

Når stubbekvotienten er 1,23, blir stubbediameteren med bark ca. 42,5 cm. Det ses av fig. 39 at kurven blir brattere til høyre for knekk-punktet. Det betyr at sagingen tar lenger tid pr. arealenhet av stubbeavskjæret for større stubbediametere enn ca. 42,5 cm m/b.

Årsaken til dette kan ses av fig. 40. Skissene a, b og c antyder sverdets bevegelse gjennom stubbeavskjæret når

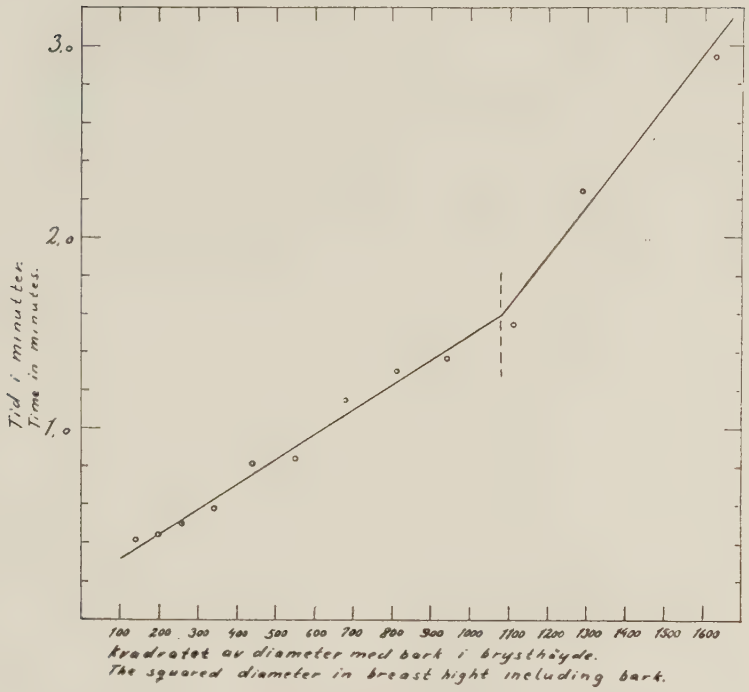


Fig. 39. Utjevning av sagetiden for Jobu prototyp. (Lufttemperatur $\gtrsim$ o°C).
Smoothing of sawing times for Jobu Prototype (air temperature $\gtrsim$ o° C).

dimensjonen er stor. Hvis vi antar at fellskåret og vedpartiet som forbinder stammen med stubben i det øyeblikk treet faller til sammen når ca. 12,5 cm inn i stubbetverrsnittet, kan den antydede fellemåte brukes for stubbetverrsnitt som er mindre enn ca. 42,5 cm.

Hvis dimensjonen er større enn dette, må treet skjæres ned i 2 omganger fra hver side av treet. Derved kan en felle dimensjoner som har et stubbetverrsnitt inntil det dobbelte av sverdlengden. Da sagetiden øker uforholdsmessig meget ved en slik arbeidsmåte, bør en heller skifte over til lenger sverd, hvis en stor del av de blinkede trær har større stubbediameter.

Forat ikke sagens snitthastighet skal reduseres, må derfor sverdets lengde være like stor som stubbetverrsnittet med bark, fratrukket dybden av fellskåret. Men da sagen blir mer uhåndterlig jo lenger sverdet er, bør en ikke gå ut fra den største dimensjon som forekommer blant de trær som skal hogges hvis disse forekommer mer unntagelsesvis, men heller felle disse trær fra to sider.

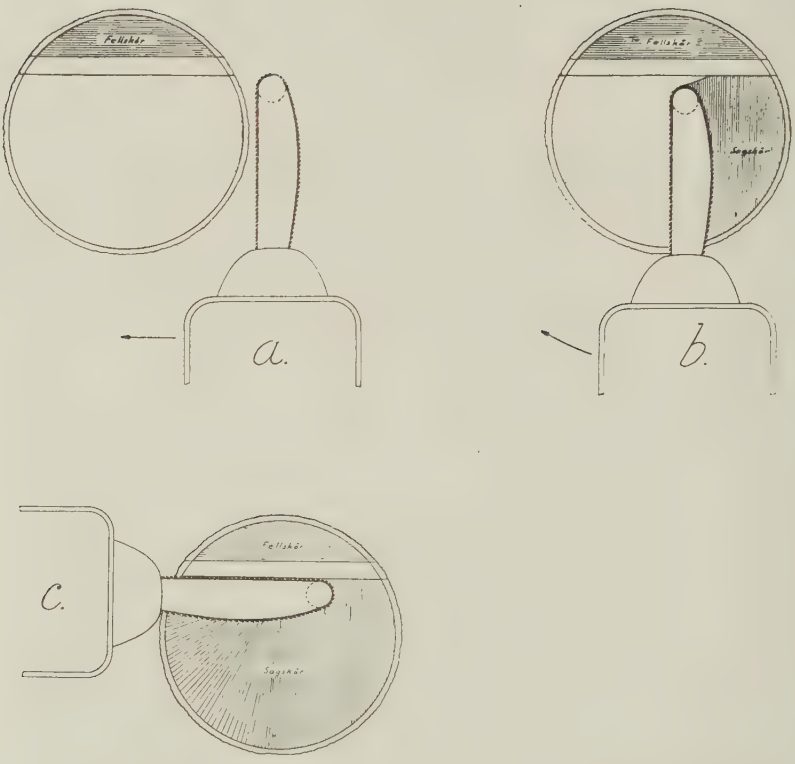


Fig. 40. Sverdets bevegelse i sagskåret ved store dimensjoner.
Movement of the blade in the saw kerf for large dimensions.

Sverdets bredde bør være smalest mulig, for at en skal oppnå et godt herredømme over treets felleretning ved å slå inn kile i felleskåret. Hvis sverdet er bredt, er det ofte særlig i sterk vind riktig å begynne med sagingen før fellhogget settes inn, så størst mulig stubbeareal forbinder treet med stubben under sagingen. Derved kan det skjæres noe lenger inn før treet begynner å klemme, så en får plass til kilen. Først når kilen er slått i, lages fellhogget, mens sagen hviler på sverdet i sagskåret. Det blir da ganske store bøyepåkjenninger i sverdet, og det er viktig at stålkvaliteten i sverdet er tilstrekkelig god til å tåle denne påkjenning. For en av sagene, hvor den nevnte arbeidsmåte ble brukt, var stålkvaliteten for dårlig i sverdet. Dette bøyde seg og ble etter hvert slengete, slik at friksjonen mellom sverd og sagkjede økte, og sagens snitthastighet gikk betydelig ned. Det måtte derfor skaffes nye sverd med bedre kvalitet for denne sags vedkommende. (Tidsnote-

ringene fra denne periode er naturligvis ikke tatt med under utjevningen av motorsagtidene).

Ved å erstatte sagsverdet med en sagbue blir selve «sagbladet» så smalt at det ikke volder noen vanskeligheter å slå inn kile. På samme måte som ved buesag for manuelt arbeid, kan en her innrette seg slik at klemming ikke sjenerer sagingen ved at skinnen som sagkjeden løper i smalner av bakover. Derved kan en også kappe uhindret ovenfra med sagen selv om treet ligger i benn. Sagbuen er dessuten meget godt beskyttet av hensyn til ulykkesfaren. På den annen side er buen ofte vanskelig å komme til med og krever mer plass og mer snømåking enn det som trenges for en sag med sverd.

Precision ble brukt som enmanns-sag, i en periode da det ble felt 194 trær med sagen. Det var tinet ved hos trærne under denne prøve. I fig. 41 er tegnet den utjevnede kurve for sagetiden, når Precision ble brukt som tomannssag. Dessuten er tegnet inn de gjennomsnittlige sagetider diameterklassevis når bare en mann brukte sagen. Det ses at snitthastigheten ikke blir merkbart forandret enten det er en eller to mann til å betjene sagen.

F e l l h o g g e t ble utført med øks av motorsageren for

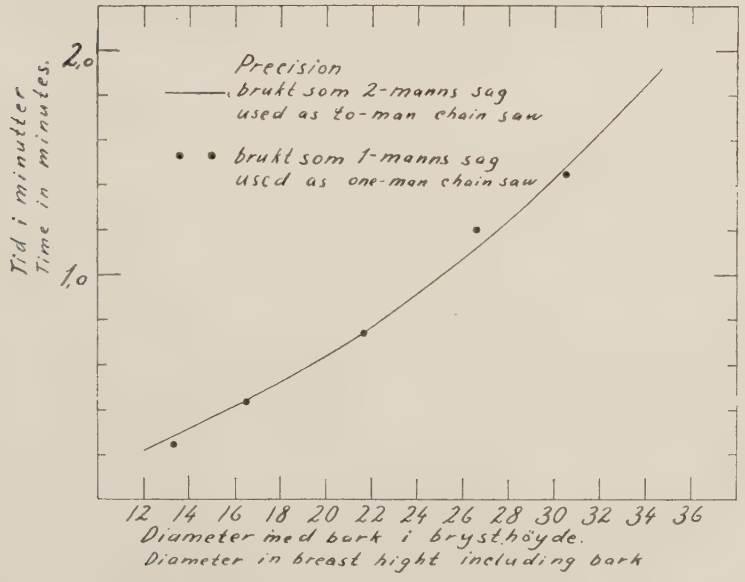


Fig. 41. Sagetider for Precision Parts (lufttemperatur ≷ o° C).
Sawing times for Precision Parts (air temperature ≷ o° C).

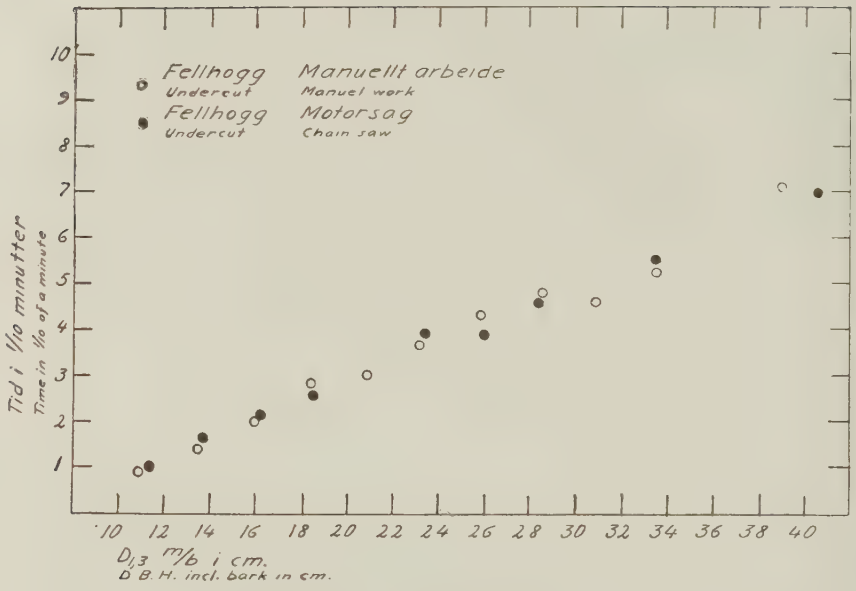


Fig. 42. Sammenligning av tiden for fellhogg, ved manuell- eller motorsag-felling.
Comparison of time for undercut by manual or power saw felling.

en-mannssagens vedkommende og av hjelpearbeideren for to-manssagene. Hoggerne må i alle tilfelle ha med seg øks for å rydde omring treet og for å slå inn kile, og den omveksling i arbeidet som oppnås ved å bruke øks til fellhogget er fysiologisk sett gunstig.

For to-mannssagenes vedkommende skiftet de to hoggere på å være motorsagere for å oppnå omveksling i arbeidet.

Når man utfører bare fellearbeidet med to-mannssag og andre hoggere («etterarbeidere») foretar de øvrige deloperasjoner ved treet, blir det ofte litt ventetid for motorsageren mens hjelpearbeideren hogger inn felleskåret. Det kan derfor spares en del tid i dette tilfelle ved at etterarbeiderne utfører rydding og fellhogg, så treet står klar til saging når motorsageren kommer. Dette forhold er vist i andre undersøkelser (Carpelan 1948).

I fig. 42 er tegnet opp de gjennomsnittlige tider for fellhogg diameterklassevis enten fellingen skjedde med motorsag eller med svans. Sammenligningen gjelder hoggerne 1, 6, 10, 11 og 16. Det framgår at fellhogget tar like lang tid enten det utføres for felling med motorsag eller med svans.

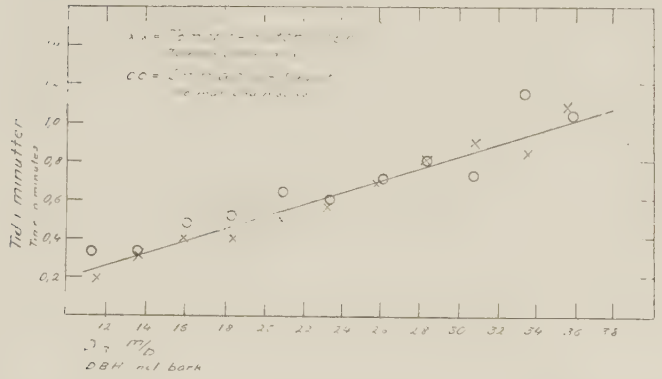


Fig. 43. Saging hjelpetider ved én-manns- og to-manns motorsager.
Sawing supplementary times for one-man and two-man power saws.

Felling hjelpetider.

Det viste seg at snødybden ikke hadde merkbar innflytelse på felletidene (hovedtider eller hjelpetider), hvilket en kunne vente når snømåkingen er utført omhyggelig. Hvis det derimot var snø på treet som drysset av under fellingen, kunne hjelpetidene for felling øke betydelig på grunn av de ubekvemme arbeidsforhold. Da det er vanskelig å finne noe klart tallmessig uttrykk for snømengden på treet, refererer de hjelpetider som skal beskrives i det følgende, seg til snøbare trær.

Som tidligere nevnt foregikk undersøkelsen i forholdsvis

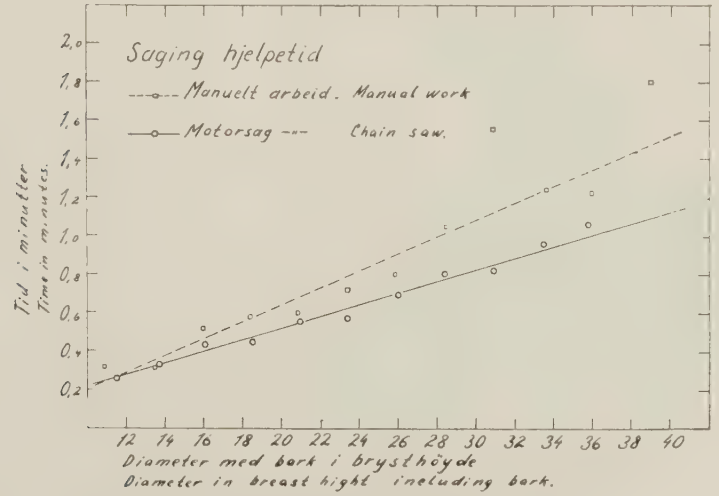


Fig. 44. Utjevning av saging hjelpetider.
Smoothing of sawing supplementary times.

normale og ensaldrede granskogbestand med jevne terrengforhold og lite sjenerende undervekst.

Derimot foregikk undersøkelsen i forskjellige skogtyper, fra stygg, kvistet åsskog til slank liskog med lang og kvistren stamme. Vi fant imidlertid at hverken trærnes relative høyde eller de små variasjoner i terreng og undervekst som forekom, hadde merkbar innflytelse på hjelpetidene for felling. En må imidlertid gå ut fra at en del av hjelpetidene (f. eks. rydding, sagens ansetting, treets fall osv.), vil bli noe større under ekstra vanskelige terrengforhold og hvor det er meget undervekst som hindrer fellingen.

Fig. 43. viser de gjennomsnittlige hjelpetider for en-manns- og to-mannssagene. Det ses at hjelpetidene er lite avhengig av hvilken sagtype som fellingen utføres med. Det er dog en tendens til lengere hjelpetider på mindre dimensjoner for en-mannssagene. Denne tendens til forskjell er imidlertid meget liten, så vi har valgt å slå sammen hjelpetidene for begge sagtypers vedkommende.

De gjennomsnittlige hjelpetider ved fellingen er derfor regnet ut diameterklassevis for alle motorsageres vedkommende. Utregningen er gjort i to alternativer, enten motorsagerne brukte motorsag eller svans under fellingen. I fig. 44 er vist den grafiske utjevning på grunnlag av middeltallene. Hjelpetidene er lengre når fellingen utføres manuelt, enn når det brukes motorsag. Forskjellen i hjelpetidene er større jo større treets dimensjoner er. Årsaken til dette er bl. a. at den manuelle felling er langt mer anstrengende enn felling med motorsag, både p. gr. a. arbeidets tyngde og den

Fig. 45. Precision Parts betjent av én mann.
Precision Parts operated by one man.

ugunstige arbeidsstilling. Hoggeren gjør seg derfor mer flid med å ordne til arbeidsplassen f. eks. ved rydding når fellingen utføres med svans, forat arbeidet kan skje uhindret. Dessuten dras hjelpetidene mer ut for å få pusterom under det anstrengende fellearbeidet, et forhold som særlig gjør seg gjeldende for store dimensjoner.

Som nevnt ble Precision delvis brukt som en-mannssag. Da denne sag veier 24,8 kg fullt montert, er den altfor tung til å betjenes bare av en mann.

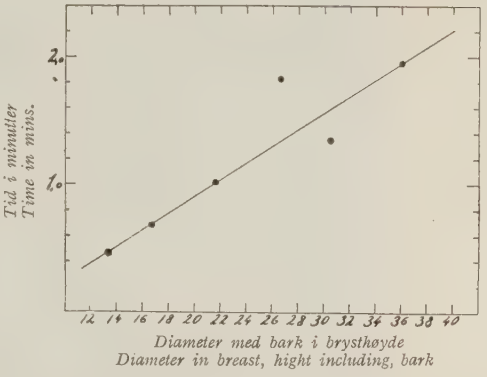


Fig. 46. Saging hjelpetider når Precision Parts brukes som énmannssag.
Sawing supplementary times when Precision Parts is used as a one-man saw.

Mens snitthastigheten ikke ble merkbart endret enten sagen ble ført av en eller to mann, fant vi at hjelpetidene for felling ble praktisk talt fordoblet. Den grafiske utjevning i dette tilfelle framgår av fig. 46.

De utjevnede kurver for hjelpetidene kan beskrives ved hjelp av følgende formler som angir den medgåtte tid i $^1/_{10}$ min.:

Manuelt arbeid:	$y = 0{,}440 \cdot D_{1,3} \div 2{,}30$
Motorsager:	$y = 0{,}300 \cdot D_{1,3} \div 0{,}80$
Precision som en-mannssag:	$y = 0{,}645 \cdot D_{1,3} \div 3{,}84$

Kapping.

Motorsagene ble brukt til kapping bare i en del av den undersøkte hogstsesong.

Materialet refererer seg til hogst i slanke liskogbestand, hvor trærnes relative høyde vesentlig varierte fra ca. 1,2 til ca. 1,4. Det viste seg at hoggerne brukte en forholdsvis ensartet aptering i disse bestand, så det ble tatt ut gjennomsnittlig to stokker pr. tre for mindre dimensjoner enn $D_{1,3} = 20{,}0$ cm m/b. Når $D_{1,3}$ *m/b* lå mellom 20,0 og 31,6 cm, ble det kappet 3 stokker pr. tre, og for større dimensjoner 4 stokker pr. tre.

Fig. 47. Fellhogget lages.
The undercut is made.

Fig. 48. Motorsagen startes.
The power saw is started.

Fig. 49. Saging.
Sawing.

Fig. 50. Innslåing av kile.
Driving in the wedge.

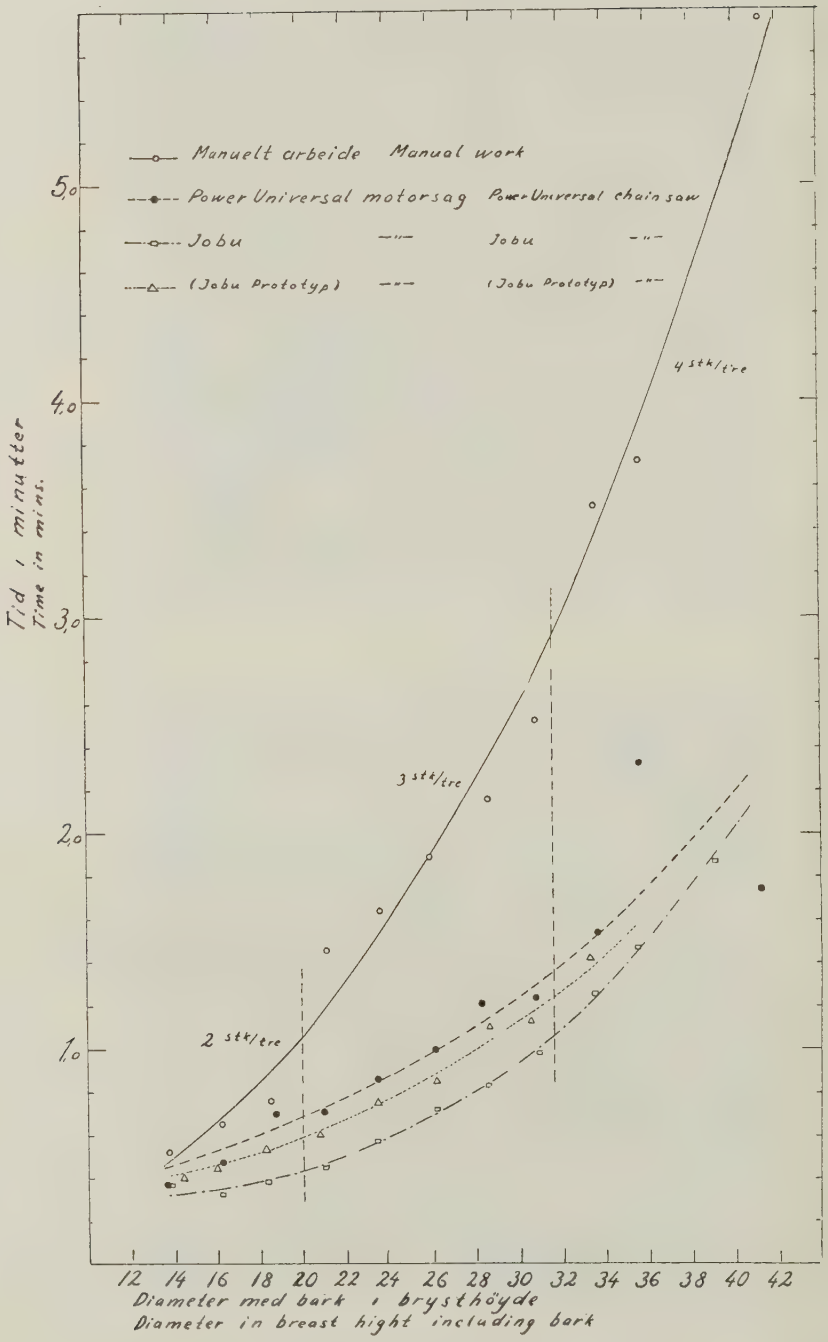


Fig. 51. Utjevning av kapping hovedtid.
Smoothing of bucking main time.

Kappetiden gjelder kapping av alle stokker med motorsag samt kapping av toppen med øks.

To-manssagen ble også prøvd til dette arbeid, men den viste seg å være lite brukbar. Vi fant det derfor ikke berettiget å fortsette kappingen med disse sager. Det kan dog nevnes at det også ble prøvd med én mann til å betjene to-mannssagen under kapping, mens hjelpearbeideren apterte og var behjelpelig når det oppsto klemming fordi treet lå i benn. Men denne arbeidsmåte var altfor anstrengende for motorsageren til å ha noen praktisk verdi.

De gjennomsnittlige kappetider ble regnet ut diameterklassevis, og avsatt i et diagram med $D_{1,3}^2$ på abcisseaksen. Det viste seg at vi fikk en meget god utjevning av middeltallene for hver motorsag ved hjelp av en rett linje. Kurven har to knekkpunkter, et ved $D_{1,3}^2 = 400$ cm² ($D_{1,3} = 20$ cm m/b) og et ved $D_{1,3}^2 = 999$ cm² ($D_{1,3} = 31{,}6$ cm m/b), idet den rette linje har større vinkelkoeffisient jo flere stokker det ble kappet av treet.

Dette er en tilnærmet framgangsmåte. Det hadde vært riktigere å sortere materialet med hensyn til antall stokker pr. tre. Ved utjevningen ville vi da fått en kurve for hvert stokkantall pr. tre, med liten endring i vinkelkoeffisienten, mens konstanttillegget ville bli større jo flere stokker som ble kappet av treet. Da materialet er for lite til en slik utjevning særlig ved øvre og nedre dimensjonsgrense for et bestemt antall stokker pr. tre, har vi valgt denne tilnærmede utjevningsmåte. Den feil vi herved får, er imidlertid delvis eliminert når formålet er å sammenligne motorsagkapping med manuelt arbeid, ved å utjevne tidene for kapping med håndsag på samme måte.

Fig. 51 viser resultatet av utjevningen.

Kapping hjelpetid.

Materialet som ligger til grunn for de utjevnede hovedtider og hjelpetider ved motorsagkapping, er samlet inn i vårperioden da snødybden i bestandet varierte fra 0 til 3 dm. En del tidsnoteringer for kapping (Power og Jobu prototyp) ble også utført mens det var store snødybder i bestandet (inntil 14—15 dm).

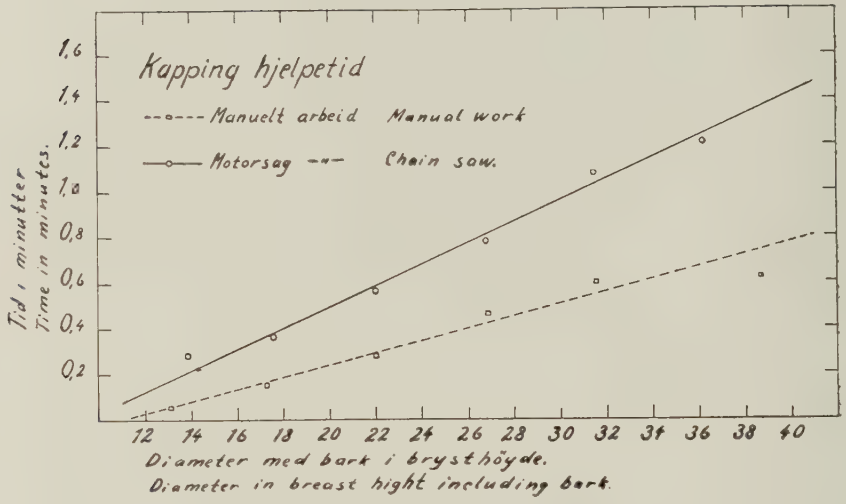


Fig. 52. Utjevning av kapping hjelpetid.
Smoothing of bucking supplementary time.

Det viste seg at snødybden ikke har merkbar innflytelse på hjelpetidene for kapping når den er mindre enn 3—4 dm. Ved større snødybder øker hjelpetidene sterkt.

Når det brukes håndsag til kappingen, er derimot innflytelsen av snødybden på hjelpetidene meget liten. Her utføres nemlig kappingen for et tre av gangen så hoggeren har en «kvistmatte» å gå på. Ved motorsagkapping må hoggeren ofte gå på tvers av treets lengderetning fordi han vanligvis kapper flere trær i serie. Derved kommer han ut på frittliggende snødekke som ikke er tildekket med noen kvistmatte fra de kvistede trær, og det blir besværlig å gå.

De gjennomsnittlige kappetider er regnet ut diameterklassevis for alle hoggere som brukte både en-manns motorsag og svans til kapping, i den tid det var 0—3 dm snø i bestandet. (Hogger nr. 1, 3, 4, 5, 10 og 11). Middeltallene er ikke spesifisert på motorsager, fordi vi ikke kunne finne at det var noen tydelig forskjell i hjelpetidene for kapping når det ble brukt en av de tre prøvde en-mannssager.

Fig. 52 viser resultatet av utjevningen av middeltallene. Det ses at hjelpetidene for kapping er større ved motorsagarbeid enn ved manuelt arbeid, fordi det blir mer gang-hjelpetid når kappingen utføres med motorsag. Utføres derimot kap-

pingen ved hjelp av svans, blir planleggingen av arbeidet enklere, og hoggeren får mindre gangtider langs treet (side 33).

Gang til tre.

Når terrenget er jevnt, er tiden som trenges for å gå fra tre til tre under felling med motorsag, avhengig av avstanden mellom trærne og snødybden i bestandet.

Da det var liten forskjell i gangtidene for de 3 enmannssagene, er disse slått sammen under beregningen. Det samme er tilfelle for de 2 tomannssagene.

Derimot er det en viss forskjell i gangtidene for enmannssagene og for to mannssagene.

På barmark er gangtiden fra tre til tre omtrent den samme som ved manuelt arbeid når hoggerne bærer med seg en to-mannssag (fig. 53). Men når det er snø på marken, øker gangtiden sterkt, og tar lenger tid enn for manuelt arbeid, da det er meget anstrengende å bære en tung sag fra tre til tre i høy snø.

Når hoggeren bærer med seg en en-mannssag, blir det liten øking i gangtiden om snødybden øker til ca. 4 dm (fig. 54). Ved større snødybder øker gangtiden sterkt. Så vel på barmark som når det ligger snø på bakken, er gangtiden større ved bruk av en-manns motorsag enn ved manuelt arbeid.

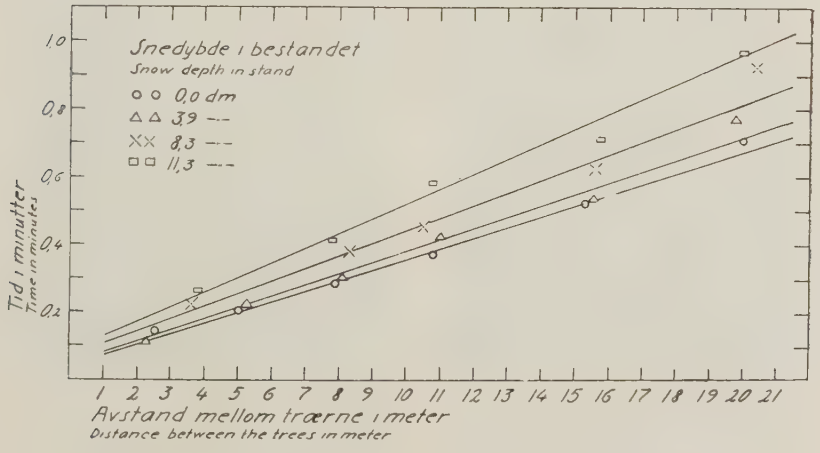


Fig. 53. Utjevning av gangtiden mellom trærne. Tomanns motorsager.
Smoothing of walking time between trees. Two-man power saw.

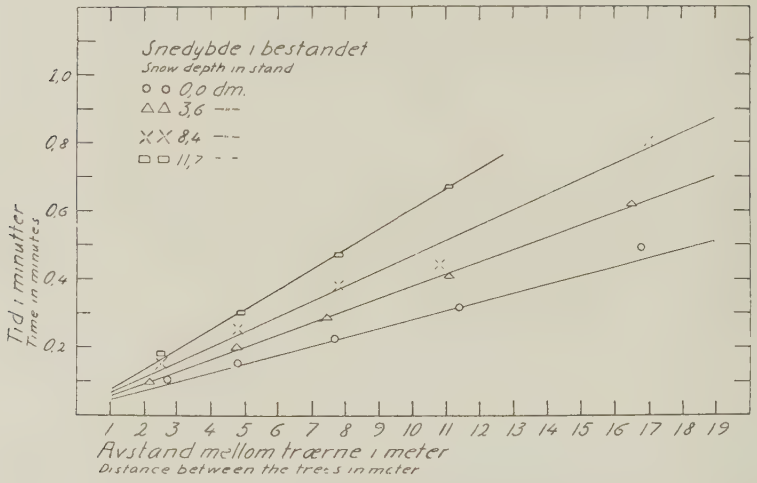


Fig. 54. Utjevning av gangtidene mellom trærne. Enmanns motorsager.
Smoothing of walking times between trees. One-man power saw.

Det er tidligere antydet (side 466) at mens fellearbeidet blir mindre anstrengende ved bruk av motorsag, så er det mer anstrengende å gå fra tre til tre når man må bære med seg sagen, både på grunn av sagens tyngde (den letteste av motorsagene veier ca. 17 kg) og på grunn av den ugunstige bærestilling.

Fig. 55. God bærestilling ved hjelp av en bæresele.
Good carrying position by means of carrying harness.

Fig. 56. Motorsagen bæres på ryggen ved hjelp av bæresele.
The power saw carried on the back with the help of a harness.

Bærestillingen kan dog bedres ved hjelp av en bæresele. Fig. 55 viser et eksempel på en bæresele, som er laget slik at den ikke hindrer arbeidsbevegelsen, så hoggeren kan ha den på seg hele tiden under arbeidet. Når hoggeren går fra tre til tre, hektes sagen opp i bæreselen, så tyngden delvis overføres til kroppen. Ved større avstander kan sagen hektes opp bak på bæreselen, så den blir båret som en ryggsekk (fig. 56).

Fig. 57 viser en gunstig bærestilling ved en buesag. I dette tilfelle blir også sagens vekt ført mer sentrisk over til kroppen.

Hvis snødybden i bestandet er over 3—4 dm, må sagen løftes en del for ikke å subbe ned i snøen når den bæres på vanlig måte i den ene hånd. Da blir det særlig anstrengende å gå fra tre til tre med sagen. Under markarbeidet for nærværende undersøkelse forsøkte en av motorsagerne med stort hell å bruke truger i høy snø, hvorved denne del av arbeidet ble vesentlig lettere.

S n ø m å k i n g. Den tid som trenges for å måke snøen vekk omkring treet så hoggeren kommer til med fellingen, er avhengig av treets dimensjon og snødybden omkring treet. Det er en tendens til at snømåkingen tar litt lenger tid når fellingen skal utføres med to-mannsmotorsag enn når den blir utført med en-mannsmotorsag. Vårt materiale viser en øking i snømåkingstiden for to-mannssagenes vedkommende på 2,2 % i forhold til en-mannssagene. Denne tendens til forskjell er undersøkt nærmere ved en variasjonsanalyse som viser at forskjellen ikke er statistisk sikker.

Fig. 57. Transport av motorsag med sagbue.
Transportation of power saw with saw frame.

Snømåkingstiden er derfor regnet ut som gjennomsnitt for alle motorsager innen hver klasse av snødybden. I fig. 58 er disse gjennomsnittsverdier tegnet inn i et diagram sammen med de

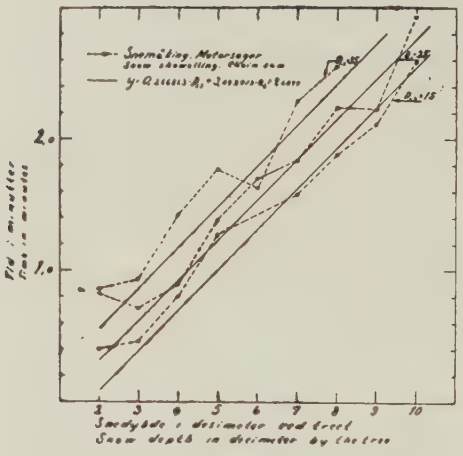


Fig. 58. Snømåking for felling med motorsag.
Snow shovelling for felling by power saw.

utjevnede snømåkingstider for manuelt arbeid (se side 430). Det viser seg at det er meget liten forskjell mellom snømåkingstidene for manuell felling og for felling med motorsag. Det er derfor tilstrekkelig nøyaktig å bruke formel 2, side 430 til å beregne snømåkingstiden, også for fellingen med motorsag.

For to-mannssagenes vedkommende er det riktig at både motorsageren og hjelpemannen deltar i snømåkingen, så det ikke blir noen ventetid på den ene av dem. Arbeidet kan da planlegges slik at begge hoggerne måker rundt en serie trær på forhånd, hvis det er kort avstand mellom trærne. Er avstanden mellom trærne stor, bør begge hoggere delta i måkingen rundt treet og felle det, før de går til neste tre.

Virketid og arbeidsplasstid ved treet.

Ved å summere de enkelte deloperasjonstider kan en finne den samlede virketid for motorsagarbeid ved treet. I tabell 25 og 26 er deloperasjonstidene sammenstilt diameterklassevis for felle- og kappearbeidene. Tabell 27 og 28 viser tidene for gang til tre, og tabell 11 som angår snømåking gjelder så vel for motorsag — som manuelt arbeid.

For å finne arbeidsplasstiden ved treet, må tapstidene legges til virketiden. Arbeidstapstidene er regnet ut i prosent av virketiden, og viser seg å være noe større for motorsagarbeid enn for manuelt arbeid:

Arbeidstapstider for en-manns motorsager = 3,19 % av virketiden.

Arbeidstapstider for to-manns motorsager = 5,14 % av virketiden.

Årsaken til at det blir noe lengere arbeidstapstider for to-mannssagene enn for en-mannssagene, er at arbeidsordningen blir noe mer tungvint.

Persontapstidene varierte en del med de hoggere som brukte sagene, men varierte ikke merkbart med motorsagtypen. I gjennomsnitt for hele materialet fant vi at persontapstidene representerer 14,36 % av virketiden for motorsagene.

Det viste seg at disse tapstider var noe lavere enn persontapstidene under felling med svans, og forskjellen var større for store enn for små dimensjoner.

(For Power Universals vedkommende varierte denne forskjell fra 0 % til ca. 14 % for dimensjonene 12—40 cm m/b, regnet i forhold til persontapstidene undre felling med svans.)

De normale motortapstider er også regnet i prosent av virketiden. Det framgår av tabell 29 at denne prosent varierer for de forskjellige motorsager. I disse tider inngår bl. a. brensel- og oljefylling, skifting av kjede og start av motoren, som varierer meget lite med motorsagtypen. En sag som arbeider raskt, vil derfor ha større prosent normale motortapstider enn en som har mindre snitthastighet. Det viser seg derfor at vi får forholdsvis liten forskjell i de normale motortapstider for de prøvde motorsager om tidene regnes ut på grunnlag av sagenes virketider ved treet og tapstidsprosentene. Resultatet av en slik utregning er vist i tabell 30.

I likhet med manuelt arbeid har vi heller ikke for motorsagenes vedkommende funnet noen merkbar endring i tapstidene p. gr. a. snø- eller temperaturforholdene. Det må dog nevnes at hvis sagen står ute i skogen om natten når det er lav lufttemperatur, vil oljen stivne, og sagen blir vanskelig å starte om morgenen. Under slike forhold blir det særlig lange «morgenstarter». (Vanligvis 5—20 minutter.) Dette bør en søke å unngå ved å oppbevare sagen inne om natten, så den er varm og smøreoljen lettflytende om morgenen.

Hvis en har bæresele til sagen eller en pulk til å frakte den i, vil det ikke volde særlig merarbeid for hoggeren å ta den med

seg hjem om kvelden. Under markarbeidet ble motorsagene delvis oppbevart på hogstfeltene i hvilestuer, som ble varmet opp før starten om morgenen.

De unormale tapstider (se tabell 29, side 539) er angitt i prosent av arbeidsplasstiden og omfatter tidene for vedlikehold og mindre reparasjoner av motorsagen. Da denne undersøkelse bare refererer seg til en enkelt driftssesong, må de oppgitte tall bare betraktes som eksempel på størrelsesordenen av disse tider.

Sikre gjennomsnittstall kan en bare få ved et lang-tidsstudium av flere sager for hver type. Særlig er de oppgitte unormale tapstider usikre for Jobus vedkommende, fordi denne sag, som før nevnt, bare var med under forsøkenes siste del. Det ses at vedlikehold og småreparasjoner tar ca. 7—9 % av hele arbeidsplasstiden.

Det ble ført regnskap med bensinforbruket under felling for en del av motorsagene.

(Jobu Prototyp)	0,163	liter pr. m^3
Power Universal	0,158	» » »
Timberhog	0,165	» » »

Det gikk altså med 1 liter bensin for å felle ca. $6^1/_4$ m^3 tømmer. I bensinforbruket er regnet med spillbensin, f. eks. til rengjøring under vedlikeholdet av sagen. Brenselforbruket vil være noe mindre enn bensinforbruket.

Tabell 31, side 540 viser arbeidsplasstidene pr. tre for felling med motorsager, idet alle nødvendige tapstider, unntatt de unormale motortapstider, er lagt til virketiden. Tidene i tabellen gjelder hogst på barmark, men det er ikke regnet med gang til tre. En kan korrigere tidene til også å omfatte gang til tre for forskjellig avstand mellom trærne ved hjelp av tabell 27 og 28 og til å omfatte snømåking ved hjelp av tabell 14. For to-mannssagenes vedkommende må en i dette tilfelle legge til de dobbelte gangtider, fordi det er to mann som bærer sagen fra tre til tre.

Ved normalt blinkede bestand innen hogstklasse IV og V utgjør for øvrig gangtiden bare en liten del av den samlede virketid for motorsagene. Gangtidenes prosentiske andel av virke-

tiden i løpet av den tid motorsagene var i bruk under forsøkene er således:

(Jobu prototyp)	11,4 %
Jobu	11,0 »
Power	12,3 »
Timberhog	15,8 »
Precision	10,2 »

Men denne andel varierer naturligvis med dimensjonen og avstanden mellom trærne, og kan regnes ut ved hjelp av tabellene 25, 27 og 28, om en ønsker det.

I tabell 31 er også regnet ut innsparing av tid pr. tre for felling med motorsag i forhold til manuelt arbeide. Innsparingen er oppgitt i $^1/_{10}$ minutter og i prosent av tiden for felling med svans. Den prosentiske innsparing øker sterkt med dimensjonen.

Det tar kortere tid å felle med en-manns motorsag enn med svans. Av de prøvde motorsager ligger Jobu best an med en innsparing på 28—56% i forhold til tiden for felling med svans. Når en bruker to-mannssagen Timberhog tar fellingen lenger tid pr. mann for små dimensjoner enn om arbeidet utføres med svans til tross for at den har en forholdsvis høy snitthastighet. Først fra en brysthøydediameter med bark på ca. 27 cm og oppover arbeider en raskere ved hjelp av denne motorsag. Dette skyldes at 2 mann er beslaglagt under arbeidet så sagetidene, hjelpetidene osv. må fordobles forat de skal gjelde pr. mann.

Dette forhold ses enda tydeligere når det gjelder Precision. Hvis denne sag brukes som to-mannssag, tar det kortere tid pr. mann å felle med svans. Om sagen derimot brukes av en mann, går arbeidet raskere for alle dimensjoners vedkommende.

I tabell 32 er regnet ut arbeidsplasstiden ved kapping, samt absolutt og relativ innsparing i forhold til kapping med svans. Motorsagarbeidet går raskere ved $D_{1,3} > 17$ cm m/b for Jobu's vedkommende og ved $D_{1,3} > 21$ cm for Power Universal. Når trærne er større enn dette, øker tidsinnsparingen pr. tre raskt med dimensjonen til ca. 27 % for

Jobu's vedkommende, og til ca. 29 % for Power Universal, når $D_{1,3}$ m/b = 40 cm.

Arbeidsplasstidene for felling og kapping med en-manns motorsag ses av tabell 33. Det er ikke tatt med tidene for gang til tre og snømåking, men en kan finne tillegget i tid for disse deloperasjoner ved hjelp av tabellene 27 og 14, for forskjellige avstander mellom trærne og snødybde i bestandet.

Når Jobu brukes til felling og kapping, oppnås en innsparing i tid i forhold til felling og kapping med svans på inntil 44 %, når trærnes brysthøydediameter med bark er 40 cm. For Power Universals vedkommende er den tilsvarende innsparing ca. 37 %.

Når trærnes brysthøydediameter er over 17—21 cm m/b, kan en derfor oppnå størst mulig øking i hogstutbyttet ved enmanns motorsag når den brukes både til felling og kapping. For mindre dimensjoner blir økingen størst om motorsagene bare brukes til felling, og kapping utføres manuelt. Den økonomiske siden av saken skal vi komme tilbake til senere.

Det har interesse å se nærmere på hvilken øking i det samlede hogstutbytte som denne innsparing i tid kan forårsake.

Resultatene fra en slik beregning er sammenstilt i tabell 34 når fellingen utføres med motorsagene Jobu, Power og Timberhog, og i tabell 35, når felling og kapping utføres med motorsagene Jobu og Power Universal. Beregningen gjelder hogst av barket virke på barmark og med tinet bark. Tabellen er utregnet i 4 alternativer, nemlig for trær med relative høyder på 0,8 og 1,4 og med 4 og 12 meters avstand mellom trærne. I tabellen er oppgitt den prosentiske øking i hogstutbytte i forhold til rent manuelt arbeid.

Det ses at økingen er meget liten for Timberhogs vedkommende. For trær med brysthøydediameter inntil ca. 29 cm blir hogstutbyttet større med svans, og forholdet er enda ugunstigere når vi ser på den økonomiske siden av saken. Under vanlige norske skogforhold passer det derfor ikke å bruke tomanns motorsag. Bare når dimensjonene er særdeles store og treslaget er hardt, kan to-manns sagene komme på tale, men da

må sagen arbeide med en større snitthastighet enn tilfelle er med Timberhog.

Når en-mannssagene brukes til felling og kapping, kan det oppnås en ganske betydelig øking i hogstutbyttet (5—11 % ved brysthøydediametre 20—40 cm for Jobu's vedkommende).

Det viser seg at avstanden mellom trærne har forholdsvis lite å si for økingen i hogstutbytte, men den spiller større rolle for to-mannssagene enn for en-mannssagene, og større rolle for små enn for store dimensjoner.

Skogtypen øver en viss innflytelse på produksjonsøkingen. Jo mindre trærnes relative høyde er, dess større blir økingen, vesentlig fordi fellingen representerer en større del av hogstarbeidet i kortvokset skog enn i lang og slank liskog.

Når det er snø i bestandet og kaldt vær, blir økingen i hogstutbyttet mindre enn det som er vist i tabell 31 og 32. Det er derfor av betydning å henlegge størst mulig del av tømmerhogsten til høst og vårperioder da det er barmark og tinet bark, også for å oppnå størst mulig produksjonsøking ved hjelp av motorsagen.

Det bør i denne sammenheng nevnes, at produksjonsøkingen p. gr. a. motorsagens arbeidshastighet vil være langt større om barkingen kan forenkles, eller ved hogst av ubarket virke. Ved å løse barkeproblemet vil en ikke bare oppnå en produksjonsøking p. gr. a. innsparing i barketiden, men samtidig vil motorsagenes innflytelse på arbeidsresultatet gjøre seg sterkere gjeldende.

Lagordningen.

Det er av stor betydning at arbeidet planlegges så det blir et jevnt, flytende arbeidsforløp med lite tidsspille på grunn av en rotete arbeidsordning.

Ved manuelt arbeid lar dette seg lett gjennomføre, fordi hoggeren bare trenger å ta hensyn til seg selv og sine egne redskaper når han arbeider alene på en hogstteig. Det samme er tilfelle når han bruker en motorsag alene.

Men vanligvis bør motorsagen arbeide for et arbeidslag, forat flere hoggere kan få nytte av den, og fordi det ikke er lønn-

somt at sagen bare blir nyttet av en mann under hogst av barket virke.

På den annen side blir planleggingen av arbeidet mer besværlig når hoggerne arbeider sammen i lag, og hogstresultatet avhenger meget av hoggernes evne til å samarbeide under hogsten.

Vi har vist ovenfor at det kan oppnås en innsparing i felle- og kappetiden pr. tre ved bruk av motorsag. Det har også interesse å studere hvorledes tiden for deloperasjonene kvisting, barking, aptering, kapping, merking, redskapsplukk og skriving (sortimentstidene) påvirkes ved forskjellige lagordninger når fellingen utføres med motorsag. Arbeidsordningen kan være slik at en motorsager feller for et arbeidslag. Hogstfeltet bør deles opp i parallelle teiger, som ikke må være brede, for å unngå lang gangtid for motorsageren. Vi prøvde med 30 og 15 meter brede teiger, idet hver av etterarbeiderne fikk tildelt sin teig under hogsten. Under normal blinketetthet i ensaldrede bestand antas 15—20 meter brede teiger å være best skikket.

Hvis motorsagen skal nyttes helt ut så den står minst mulig i ro, vil denne arbeidsordning medføre meget store arbeidslag. Vi prøvde med arbeidslag på inntil 14 etterarbeidere, uten at sagens kapasitet på langt nær var fullt utnyttet. En kan lett beregne teoretisk hvor store arbeidslag en full utnyttelse av sagen vil medføre, men det har mindre interesse på grunn av de mange svake sider ved denne arbeidsordning. (En slik beregning er utført av Carpelan 1948 for to-mannssagen Mall's vedkommende.)

Vi har foretatt en sammenligning av sortimentstidene enten fellingen ble utført av etterarbeiderne selv, eller den ble overlatt til en motorsager. Sammenlikningen er utført for trær av kvistklasse 3 (se side 413), og gjelder hoggerne 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 14, og 15. Det viste seg at det ble en ø k i n g i sortimentstidene pr. tre på 10,7 %, når fellearbeidet ble utført av en motorsager. Økingen er undersøkt nærmere ved hjelp av en variansanalyse med 3-veis gruppering. I analysen er faktorene diameterklasse, temperatur og arbeidsmåte tatt med, og følgende tabell viser resultatet av beregningen:

Variasjonens årsak *Source of Variation*	Antall frihetsgrader *Degrees of Freedom*	Kvadratsummer *Sum of Square*	Varianser *Mean Square*
Arbeidsmåte (*A*) ..... *Work method*	1	1 673 945	1 673 945
Diameterklasse (*B*) ..... *Diameter class*	6	103 019 763	17 003 294
Temperatur (*C*) ..... *Temperature*	6	10 845 317	1 807 553
Samspill av 1. orden: *First order interaction:*			
A × *B*	6	600 887	100 148
A × *C*	6	1 002 554	167 092
B × *C*	36	2 967 384	82 427
Samspill av 2. orden: *Second order interaction:*			
A × *B* × *C*	36	1 576 247	43 785
Rest (innen klassene) ..... *Error*	2 487	144 174 891	57 971

For å undersøke om forskjellen i sortimentstiden på grunn av de to arbeidsmåter er påviselig, beregnes følgende variasjonskvotienter:

$$F = \frac{1673945}{57971} = 28{,}87$$

$$F = \frac{100148}{57971} = 1{,}73$$

$$F = \frac{167092}{57971} = 2{,}88$$

$$F = \frac{57971}{43785} = 1{,}32$$

Den første av disse variasjonskvotienter er signifikant, idet den er større enn den F-verdi som svarer til $P = 0{,}01$. Forskjellen mellom sortimentstidene ved de to arbeidsmåter er altså statistisk sikker.

Den tredje av variasjonskvotientene, som gjelder samspillet mellom arbeidsmåte og temperatur er også signifikant (mens de øvrige ikke er det). Vi har derfor undersøkt hvorledes økingen i sortimentstidene er innen forskjellige temperaturområder:

Temperatur	$\leqq$ 0°C	2,0 %	øking
»	$\div$ 1° — $\div$ 4° C	7,9 »	»
»	$\div$ 5° — $\div$ 8° C	11,0 »	»
»	$\div$ 9° — $\div$ 12° C	15,2 »	»

Når temperaturen er $\leqq$ 0° C er det altså forholdsvis liten forskjell i sortimentstidene, enten trærne felles av en motorsager eller av hoggerne selv. Derimot er forskjellen meget stor ved lave lufttemperaturer.

Det er bemerkelsesverdig at det blir en ø k i n g i sortimentstidene når fellingen er overlatt til en særskilt motorsager. En skulle jo vente at den energibesparing som sikkert er til stede skulle gi seg utslag i en større produksjon på de øvrige deloperasjoner når hoggeren slipper den tyngste av deloperasjonene, nemlig fellingen. Grunnen til dette er at tidstap på grunn av den tungvinte arbeidsordning ødelegger for denne del av prestasjonsøkingen.

Årsaken kan vesentlig sammenfattes i disse punkter:

1. Så vel motorsageren som etterarbeideren må gå til hvert tre som skal hogges. Vi finner de største tidstap når temperaturen er lav, fordi dette inntreffer i vintertiden da det er snø på marken og tyngre å gå. Den avstand som etterarbeideren går mellom de felte trær, viste seg for øvrig å være gjennomsnittlig 1,44 $\pm$ 0,22 meter kortere enn den vei motorsageren tilbakelegger mellom de stående trær.
2. Ved store lag er det vanskelig for motorsageren å holde alle etterarbeidere jevnt med felte trær. Det blir en del ventetider for dem. Særlig er dette tilfelle i vinterhalvåret, da det er kaldt vær og utrygt for snøfall, så felte trær ikke bør ligge natten over i skogen.
3. Motorsageren må felle mange trær på hvert sted. Disse vil derfor bli liggende tett på bakken, og nabotrærnes grener og stammer vil hindre arbeidet bl. a. med kvisting, barking og kapping av treet. Når det er lav temperatur er særlig barkingen et tungt arbeid, og sinkes sterkt på grunn av hindringer fra felte nabotrær.

Når hogstarbeidet utføres av egen motorsager og etterarbeidere, er det derfor av stor betydning å planlegge arbeidet

slik at de nevnte ulemper kan unngås i størst mulig utstrekning. Fremforalt er det viktig at arbeidslagene er små, så motorsageren har lettere for å holde etterarbeiderne jevnt med felte trær. Under våre skogforhold med mindre bestandsenheter og vekslende terreng er det dessuten vanskelig å finne store nok hogstfelter til å holde alle hoggere i arbeid på samme sted om vi skulle utnytte motorsagens kapasitet fullt ut. Også av den grunn er det viktig å bruke en arbeidsordning med små arbeidslag.

Zimmermann (1948) har forsøkt å ordne dette slik at motorsageren arbeider for flere arbeidslag samtidig. Motorsagen må transporteres mellom hogstfeltene i løpet av arbeidsdagen. Arbeidsordningen vil bare passe i hogstperioder da det ikke er fare for kaldt vær eller snøfall, så det kan ligge felte trær natten over i skogen. Det blir ekstra omkostninger til transport av motorsagen mellom hogstfeltene. Særlig får motorsageren en del unødige gangtider og blir holdt borte fra effektiv hogstproduksjon under transporten mellom hogstfeltene. Det er derfor en forutsetning for arbeidsordningen at veien mellom hogstfeltene ikke er lang.

Ved de beskrevne lagordninger har vi søkt å få en god utnyttelse av motorsagen.

Vi kommer senere tilbake til at utgiftene pr. m^3 på grunn av motorsagens forrentning og avskrivning er meget små i forhold til utgifter på grunn av hoggernes arbeidslønn. (Se side 510.) Det koster mer for hoggeren om hans egen arbeidskraft ikke utnyttes til effektiv hogstarbeid, enn om motorsagen ikke blir utnyttet i et tilsvarende tidsrom.

Under planleggingen av arbeidet er det derfor riktig å legge hovedvekten på at det blir minst mulig tidsspille for hoggerne og motorsageren, selv om dette til en viss grad kan gå ut over utnyttelsen av motorsagen.

Dette kan oppnås ved at motorsageren feller og eventuelt kapper for et mindre arbeidslag på 4—8 etterarbeidere. I den tid han ikke er opptatt med felling eller kapping for arbeidslaget, arbeider han på en egen hogstteig ved siden av etterarbeidernes teiger. Her utfører han felling og kapping med motorsag, og de øvrige deloperasjoner manuelt. Derved blir også motorsagerens arbeidskraft nyttet best mulig til hogst-

produksjon, og han oppnår en fysiologisk sett gunstig omveksling i arbeidet, fordi ensidig bruk av motorsagen hele dagen er anstrengende. Dessuten befinner han seg stadig i nærheten av etterarbeiderne og oppnår god kontakt med dem. Han kan holde dem jevnt med felte trær uten å felle for mange på hvert sted, men heller komme oftere igjen.

Denne lagordning forutsetter at en enkelt av hoggerne har ansvaret for motorsagen og bruker den hele tiden. Derved kan en sikre seg motorsagere som har interesse for og evne til å stelle motorsagen, og de kan få en ordentlig opplæring så vel i motorskjøtsel som i arbeidsteknikk. De øvrige av hoggerne får imidlertid ikke anledning til å bruke motorsagen.

Det er derfor av interesse å se nærmere på hvilken innflytelse det kan ha på sortimentstidene, når hver av hoggerne i laget bruker motorsagen etter tur for å felle og eventuelt kappe trærne. Når arbeidslaget består av motorinteresserte hoggere, får de en gunstig omveksling i arbeidet. Hver av hoggerne kan felle trærne slik det passer best for ham og unngår å vente på motorsageren.

Vi prøvde en slik arbeidsordning med to-mannssagene for hoggerne 7, 8, 9, 11, 14, 15, 16 og 17, idet laget besto av delvis 2 mann og delvis 4 mann. I siste tilfelle gikk sagen på lån mellom 2 og 2 av hoggerne. Da to-mannssagen som tidligere nevnt har liten interesse under våre skog- og dimensjonsforhold, skal her bare nevnes at vi ikke fant noen merkbar forskjell i s o r t i m e n t s t i d e n e enten hoggerne felte trærne med motorsag eller med svans.

Lagordningen ble undersøkt med en-manns motorsag for hoggerne 1, 3, 4, 5, 6 og 10. Undersøkelsen omfatter i alt 668 trær.

Hver av hoggerne brukte motorsagen alene, eller sammen med to andre hoggere. I begge tilfelle har hoggerne selv felt og kappet trærne med motorsag, og utført de andre deloperasjoner manuelt.

Det var en tendens til kortere sortimentstider for alle de undersøkte hoggeres vedkommende når fellingen og kappingen ble utført med motorsag i stedet for svans. Gjennomsnittlig tok sortimentstidene, unntatt kappetidene, 4,20 % kortere tid pr. tre.

Forskjellen er belyst ved en variansanalyse med 2-veis-

gruppering, hvor faktorene arbeidsmåte og diameterklasse er tatt med. Ved å sammenlikne restvariansen med variansen for arbeidsmåte finner vi:

$$F = \frac{16725}{3979} = 4{,}20 \text{ med frihetsgradene } f_1/f_2 = 1/656.$$

Variasjonskvotienten er større enn den F-verdi som svarer til $P = 0{,}05$, men mindre enn den F-verdi som svarer til $P = 0{,}01$. Forskjellen i sortimentstidene, unntatt kappetidene, ved de to arbeidsmåter anses derfor å være påviselig.

Årsaken til denne del av prestasjonsøkingen skyldes delvis at felling med motorsag er mindre energikrevende for hoggeren enn felling med håndsag. Dessuten opparbeider hoggeren en surstoffgjeld når han feller med svans, på grunn av den ugunstige arbeidsstilling (se side 464). Når han bruker motorsag under fellingen, kan han derfor holde et høyere tempo i begynnelsen av arbeidet med de neste deloperasjoner på treet, fordi han ikke har noen surstoffgjeld som samtidig må dekkes i dette tilfelle.

Den største prestasjonsøking på sortimentsarbeidene (unntatt kappetidene) oppnås når en mann arbeider alene med motorsagen (se fig. 59). Hvis tre hoggere er sammen om å bruke motorsagen, og de arbeider på hver sin 15 meter brede hogstteig, blir det en del tidsspille bl. a. når hoggerne skal hente motorsagen fra naboteigen. Da blir tendensen til kortere sortimentstider (unntatt kappetiden) meget liten når fellingen og kappingen utføres med motorsag (se fig. 60). Dette forhold kan som nevnt bedres hvis hoggerne i laget arbeider godt sammen og hogger side om side på en og samme hogstteig.

Årsaken til det økte hogstutbytte i m^3 ved felling og kapping med motorsag kan sammenfattes slik:

1. Motorsagen har større arbeidshastighet enn håndsagen. Det blir større prestasjonsøking om en bruker motorsagen til felling og kapping når trærnes brysthøydediametre er over 17—21 cm m/b. Når dimensjonene er mindre bør sagen bare brukes til felling.
2. Det kan oppnås en viss prestasjonsøking på grunn av fysiologiske årsaker. Denne tendens er av mindre størrelsesorden og er avhengig av den lagordning som brukes. Hvis

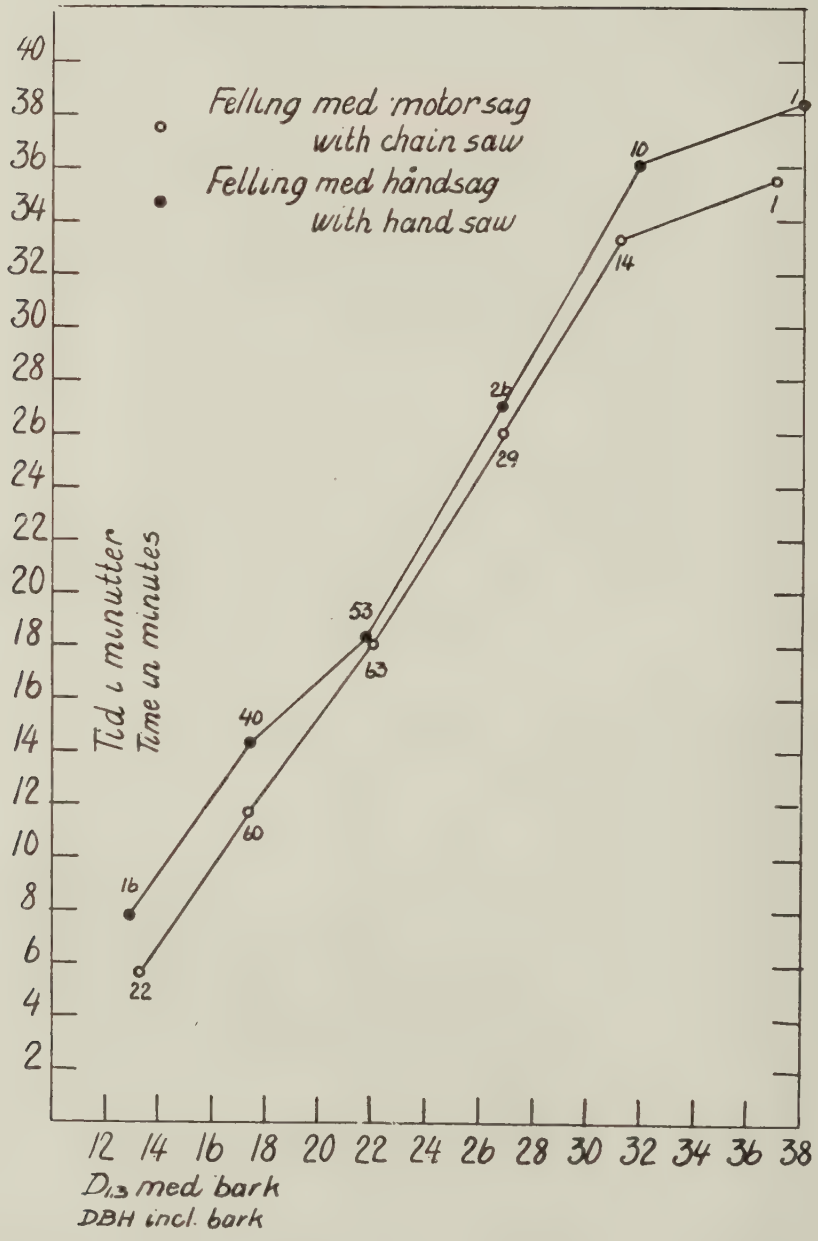


Fig. 59. Tid pr. tre for kvisting, barking, aptering, merking, redskapsplukk og skriving. Hoggeren bruker énmanns motorsag alene til felling og kapping.

Time per tree for branching, barking, laying off the tree into log lengths, marking, collecting of tools and writing. The cutter using a one-man power saw-for felling and bucking.

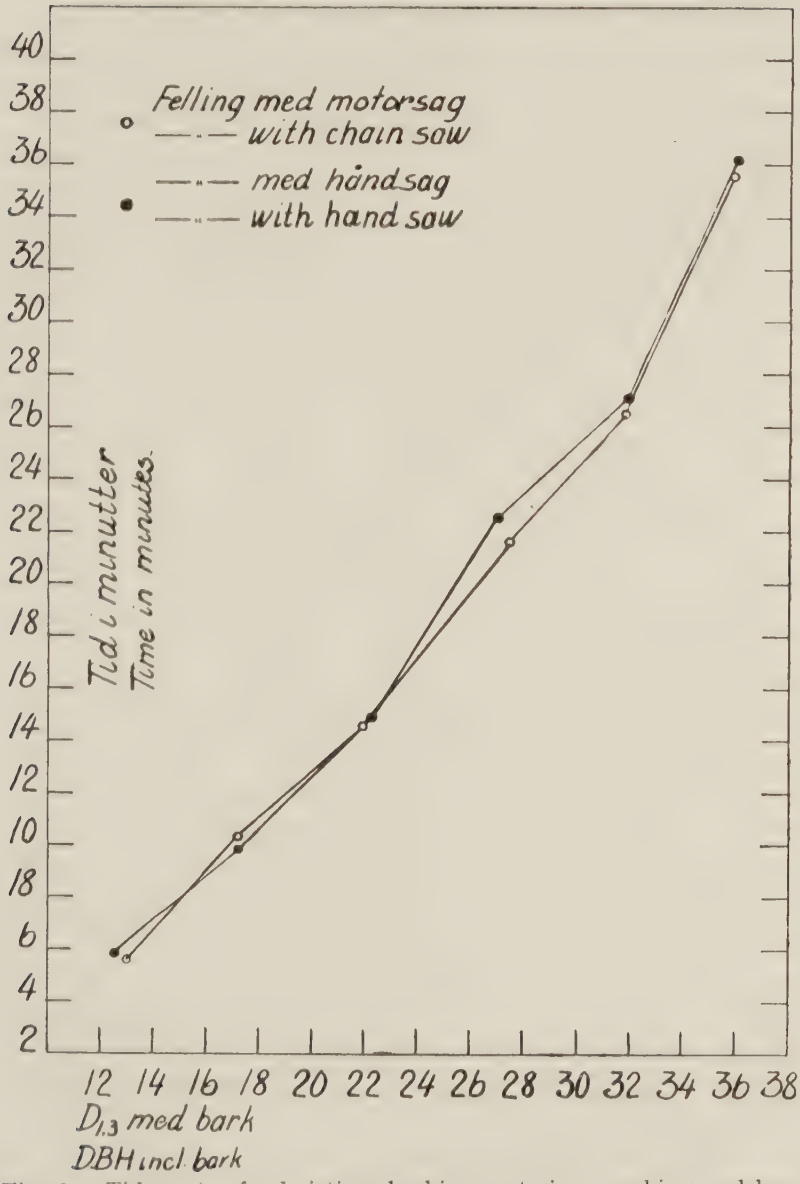


Fig. 60. Tid pr. tre for kvisting, barking, aptering, merking, redskapsplukk og skriving. 3 hoggere bruker en énmanns motorsag til felling og kapping.

Time per tree for branching, barking, laying off the tree into log lengths, marking, collecting of tools and writing. Three cutters using a one-man power saw for felling and bucking.

arbeidet planlegges dårlig så det blir en rotete arbeidsordning, kan tidstap i form av lange gangtider og ventetider ødelegge for denne del av prestasjonsøkingen, selv om arbeidsteknikken under fellingen og kappingen er god.

3. I enkelte tilfelle, særlig i overgangstiden mens motorsagene holder på å vinne innpass i tømmerhogsten, kan en merke en større prestasjonsøking enn den som skyldes motorsagens arbeidshastighet eller fysiologiske årsaker. En slik øking kan vi finne om hoggerens hogstutbytte før han hadde kjennskap til motorsag, sammenliknes med hans hogstprestasjoner etter at han har lært å bruke den rasjonelt. Prestasjonsøkingen skyldes i dette tilfelle bl. a. hoggerens nye innstilling til arbeidet, idet han oppnår en større arbeidsglede og vilje til arbeidsinnsats ved hjelp av motorsagen.

Vi skal dog ikke se bort fra at mange av våre hoggere også var besjelet med denne positive innstilling til sitt arbeid tidligere.

Dessuten kan det oppnås en slik innstilling til arbeidet også på andre måter f. eks. ved en god yrkesopplæring.

Når motorsagen blir en dagligdags ting under tømmerhogsten, og når alle hoggere får yrkesopplæring, kan denne «psykologiske» årsak til prestasjonsøking bli mindre iøynefallende, selv om motorsagen nå i overgangstiden kan være en medvirkende årsak.

Denne systematiske forsøksfeil vil det derfor være uriktig å ta hensyn til under økonomiske kalkyler, eller som grunnlag for avlønning når motorsagen brukes under tømmerhogst.

Økonomiske forhold ved motorsagene.

Forat tømmerhoggeren skal kunne anskaffe seg motorsag, må han i det minste oppnå en tilstrekkelig stor prestasjonsøking til å dekke driftsutgifter, forrentning og avskrivning, samt utgifter til vedlikehold av motorsagen. Det er berettiget å bruke motorsag selv om merfortjenesten bare dekker disse utgiftspostene, fordi særlig fellearbeidet blir lettere.

En kalkyle over motorsagens lønnsomhet er forbundet med en del usikkerhetsmomenter, fordi vi enda kjenner for lite til sagens levetid og vedlikeholdsomkostningene. Endrede prisforhold vil også forandre forutsetningene for kalkylen.

Det er likevel av interesse å gjennomføre en slik kalkyle, men den må vurderes på grunnlag av de foreliggende usikkerhetsmomenter, og bare betraktes som et eksempel.

Kalkylen er utført for en en-manns motorsag (Jobu). Vi forutsetter at sagen brukes av alle hoggerne i et arbeidslag på 3 mann til felling og kapping, eller at en motorsager feller og kapper for et arbeidslag på 5 mann. I siste tilfelle har motorsageren en hogstteig ved siden av etterarbeidernes hogstteiger, hvor han selv utfører alle deloperasjonene ved treet i den tid han ikke feller og kapper for etterarbeiderne.

Når 3 mann bruker motorsagen sammen, er det lagt til 4,20 % prestasjonsøking på sortimentarbeidene (unntatt kapping) (fysiologisk prestasjonsøking, se side 505). Beregningen er gjennomført i disse alternativer:

Trærnes relative høyde	(hr)	= 0,8 og 1,4
Avstand mellom trærne	(g)	= 4 m og 8 m
Lufttemperatur	(t)	$\leqq$ 0° C · Barmark
»		= 0° C · 4 dm snødybde (e_b)

Driftsutgifter. Hoggerens akkordlønn er satt til 25,00 kr. pr. dag for manuelt arbeid. Betalingen pr. kubikkmeter veksler altså med skog, klima og dimensjonsforholdene i overensstemmelse med det som er funnet i nærværende undersøkelse. Den økte akkordlønn ved bruk av motorsag er framkommet på grunnlag av prestasjonsøkingen i forhold til manuelt arbeid.

Som utgifter til bensin og olje er regnet med 8 øre pr. m³.

Faste utgifter. De unormale tapstider (tidene for vedlikehold og småreparasjoner av motorsagen) er 8 % av arbeidsplasstiden. I tillegg til dette er regnet med 150,00 kr. pr. år til reservedeler og årlig overhaling. Utgiftene er redusert til å gjelde pr. m³ idet vi har forutsatt 150 arbeidsdager pr. år og 7 arbeidsplasstimer pr. dag for arbeidslaget.

Ved beregning av utgifter til renter og avskrivning er gjort disse forutsetninger:

Motorsagens innkjøpspris:	A	= 1675,00 kroner
» levetid	B	= 3600 arbeidsplasstimer
Rente	p	= 3,5 %

Det er regnet med 50 % verdiforringelse på grunn av sagens forelding etter 5 års forløp, eller gjennomsnittlig $v = 10$ % pr. år.

De årlige utgifter til renter og avskrivning av motorsagen er beregnet etter formelen: $a = A \cdot \frac{1{,}0\,p^n \cdot 0{,}0\,p}{1.0\,p^n \div 1}$

Avskrivningstidens lengde (n) er avhengig av hvor lang tid sagen er i virksomhet pr. år (q), og vil derfor variere med trærnes dimensjoner og de forskjellige alternativer. Den er funnet slik:

Avskrivning på grunn av slitasje: $S = \frac{A \cdot q}{B}$

Avskrivning på grunn av verdiforringelse: $V = \frac{A \cdot v}{100}$

$$n = \frac{A}{S+V} = \frac{100 \cdot B}{100 \cdot q + B \cdot v} \quad \left[\text{o: } n = \frac{360}{q + 360} \right]$$

Tabellene 36 og 37 (side 545 og 546) viser en del eksempler på den prosentiske fordeling av de forskjellige utgiftspostene under hogst av barket virke, når fellingen og kappingen blir gjort med motorsag. Hoggerens avlønning representerer ca. 93—95 % av alle utgifter. Utgiftene til avskrivning og renter utgjør derimot bare ca. 2,5—3,5 % og forandres lite enten det er 3 eller 6 mann som utnytter motorsagen.

Under planleggingen av arbeidet må en derfor legge hovedvekten på at hoggerne utnytter størst mulig del av arbeidsplasstiden til effektivt hogstarbeid. Det har lite å si for lønnsomheten om dette medfører at motorsagen blir stående en del ubenyttet i løpet av arbeidsdagen.

Figurene 61, 62 og 63 viser merfortjenesten ved bruk av motorsag i forhold til manuelt arbeid. Det ses at denne blir større jo mindre trærnes relative høyde er, eller med andre ord jo mer kortvokst skogen er. Når arbeidslaget består av 1 motorsager og 5 etterarbeidere (fig. 61) ligger motorsagens lønnsomhetsgrense ved $D_{1,3}$ m/b $\approx$ 19 cm hvis trærnes relative høyde er 0,8, og ved ca. 22 cm hvis den relative høyde er 1,4. Dette gjelder for hogst av trær med tinet bark på barmark.

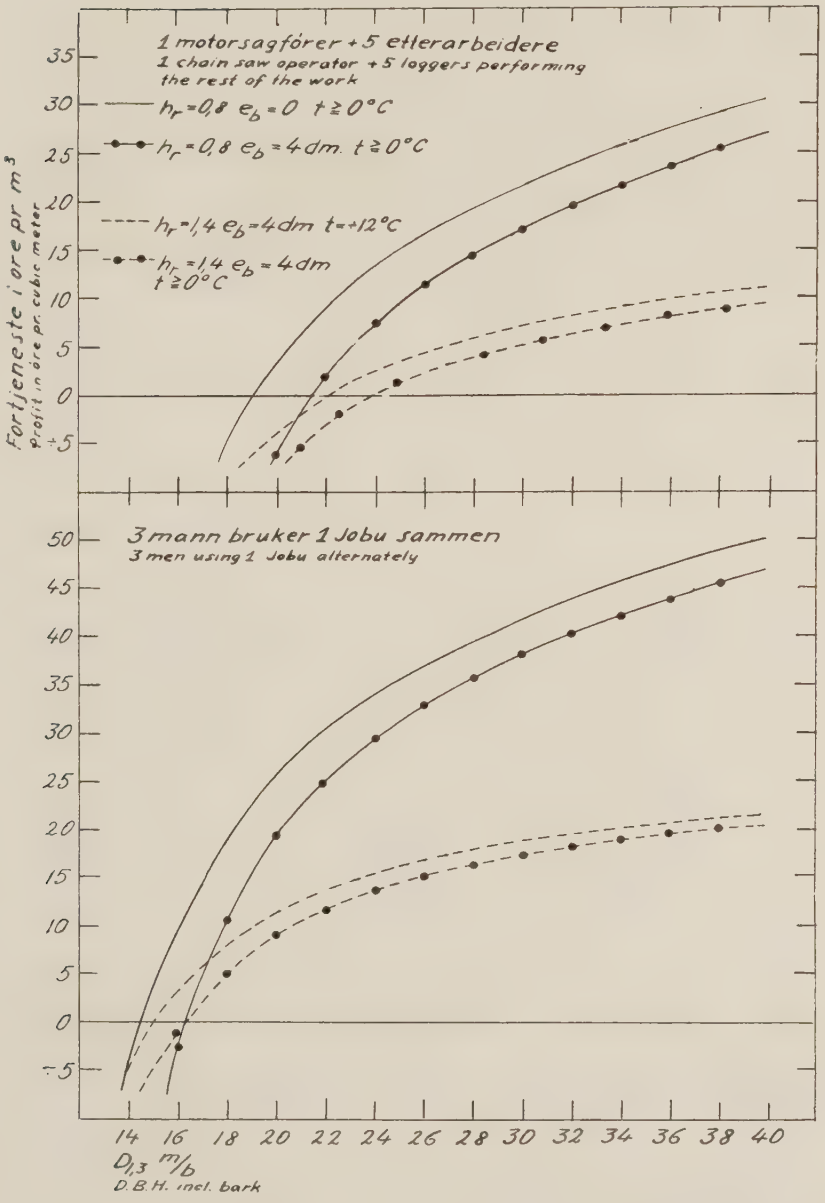


Fig. 61 og 62. Fortjeneste i øre pr. m³ når enmanns motorsag (Jobu) brukes under hogst av barket virke (4 m avstand mellom trærne). *Earnings in öre per cubic meter when one-man power saw (Jobu) is used for cutting of barked timber (4 m distance between trees).*

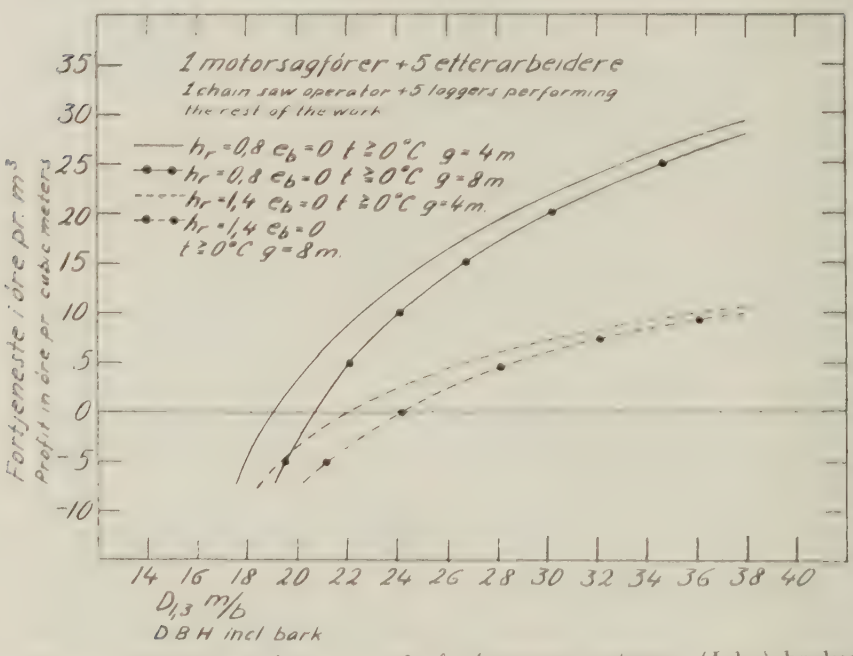


Fig 63. Fortjeneste i øre pr. m³ når énmanns motorsag (Jobu) brukes under hogst av barket virke. (8 m avstand mellom trærne.)
Earnings in øre per cubic meter when one-man power saw (Jobu) is used for cutting of barked timber (8 m distance between trees).

Er det 4 dm snødybde i bestandet ligger lønnsomhetsgrensen ved ca. 2 cm større brysthøydediameter.

Her er forutsatt at avstanden mellom trærne er 4 m. Ved 8 meters avstand mellom trærne, og barmark (fig. 63), er dimensjonen for lønnsomhetsgrensen noe større, nemlig $D_{1,3} \approx 20{,}5$ cm hvis trærnes relative høyder er 0,8 og ca. 24 cm når de relative høyder er 1,4.

Vi har i det foregående regnet med at alle dimensjoner blir felt og kappet med motorsag. Dimensjonen for lønnsomhetsgrensen vil kunne senkes en del om motorsagen bare brukes til felling når trærnes brysthøydediametre er større enn ca. 20 cm.

Når tre mann bruker motorsagen sammen, ligger lønnsomgrensen ved en brysthøydediameter på 14—15 cm for hogst på barmark (fig. 62). Hvis det er 4 dm snødybde i bestandet, er dimensjonsgrensen for motorsagens lønnsomhet ved ca. 16—17 cm. Årsaken til at vi får en lavere dimensjonsgrense ved denne lagordning, er at det i dette tilfelle er regnet med en viss «fysiologisk prestasjonsøking».

For å oppnå størst mulig merfortjeneste ved bruk av motorsag i tømmerhogsten er det viktig å henlegge hogstsesongen til perioder med lite snø og mildt vær. En får derved en stor lettelse og forenkling i det manuelle hogstarbeid, men i enda sterkere grad hvis hoggeren feller og kapper trærne med motorsag.

Ved hjelp av motorsagen blir særlig fellearbeidet lettere, og hoggeren oppnår en større dagsfortjeneste for midlere og større dimensjoner. Denne merfortjeneste vil bli langt større ved hogst av ubarket virke, eller hvis barkingen lettes og forenkles, f. eks. ved hjelp av en skikket barkemaskin.

Hoggeren vil derimot ikke oppnå noen merfortjeneste ved hjelp av motorsagen ved hogst av små dimensjoner. Tynningshogst av trær med mindre brysthøydediameter enn ca. 15 cm vil derfor fortsatt være et problem, som må finne sin løsning ad andre veier.

Det er viktig at avlønningsspørsmålet ordnes når motorsagen brukes i tømmerhogsten. Hvis en del hoggere anskaffer og bruker en motorsag sammen, er spørsmålet enkelt idet en her kan bruke samme avlønningsmåte som ved manuelt arbeid.

Hvis derimot en hogger feller og kapper for flere andre hoggere, kan det settes opp en tariff for etterarbeiderne, idet disse slipper fellingen og kappingen. Motorsageren må få egen tariff for hans arbeid med felling og kapping.

Avlønningen kan også ordnes slik at en finner fram til den andel i etterarbeidernes kubikkmeterpris som motorsageren skal overta på grunn av sitt arbeid med felling og kapping for dem.

I begge tilfelle kan en lett finne avlønningens fordeling mellom motorsager og etterarbeidere for varierende blinketetthet, dimensjoner, skog- og eventuelt klimaforhold, på grunnlag av de hogstfunksjoner vi er kommet fram til i denne undersøkelse.

Tabell 1.

Trærnes fordeling på diameterklasser og relative høyde.

Diameter classes and relative heights of trees.

Relativ høyde *Relative heights*	$D_{1,3}$ m/bark *D B H incl. bark*						Sum
	10— 14,9	15— 19,9	20— 24,9	25— 29,9	30— 34,9	> 35	
0,6	1	4	2	1	1		9
0,7	11	30	11	5	1	1	59
0,8	31	58	49	16	3	2	159
0,9	76	127	121	63	27	9	423
1,0	105	216	224	129	62	31	767
1,1	89	360	350	193	105	40	1137
1,2	104	351	503	335	118	49	1460
1,3	71	398	402	372	131	23	1397
1,4	46	186	241	182	73	20	748
1,5	15	72	43	31	18	3	182
1,6	6	18	6	—	—	2	32
Sum.. *Total*	555	1820	1952	1327	539	180	6373

Tabell 2. **Forsøkshoggernes data.**
Date of cutters taking part in the investigation.

Hogger nr. *Worker number*	Alder *Age*	Høyd i cm *Height cm*	Vekt i kg(ca.) *Weight in kg (ca.)*	Kroppstype *Body-type*	Antall år som skogsarbeider *Years as forset worker*	Idrett *Sport*	Tobakksforbr. *Tobacco comsumption*	Undersøkt for- *Examined*
1	37	168	75	2	6		*x*	*S*
2	31	179	74	1	16		–	M
3	31	178	75	2	10	1+2	–	M—S
4	37	171	72	1—2	6	1+2	–	M—S
5	28	175	70	2	4	1	x	M—S
6	31	173	80	2—3	14		x	S
7	38	175	80	2	16		–	M—S
8	43	178	82	2	10		–	M—S
9	27	173	68	1	5		x	M—S
10	27	178	78	2	9		x	S
11	36	168	68	1—2	7		x	S
12	35	178	76	1—2	11	1	x	M
13	32	173	74	2	17	1	x	M—S
14	27	174	78	2	4	1+2	x	M—S
15	26	174	79	2—3	4	1+2	x	M—S
16	51	168	72	1—2	26		x	S
17	25	178	80	2	3		x	S

Tabakksforbruk
Tbacco consumption
x = Ja
Yes
— = Nei
No

Undersøkt for
Examined with reference to
M = Manuelt arbeid
Manual work
S = Motorsagarbeid
Work with chain saws

Idrett
Sport
1 = Ski (langrenn)
Ski (cross country)
2 = Fotball
Football

Kroppstype
Body type
1 = Leptosom
2 = Atletisk
3 = Pyknisk

Hoggerne 1, 6, 10, 11, 16, 17 er undersøkt ved manuelt arbeid i kortere perioder.
Workers 1, 6, 10, 11, 16, 17 examined while doing manaul work for shorter periodes.

Tabell 3. **Oversikt over de utjevnede funk-**
Summary of the eliminated

Deloperasjon *Moment*	a	$x_2 = D_{1,3}$ $\pm \sigma b_2$	$x_3 = h_r$ $\pm \sigma b_3$	$x_4 = D_{1,3}^2$ $\pm \sigma b_4$
1	2	3	4	5
Felling ..... *Felling cut*	÷ 1,3599			+ 0,042779 ± 1,14 %
Fellhugg ..... *Under-cut*	÷ 1,7593	+ 0,262095 ± 3,21 %		
Kvisting ..... *Lopping*	÷ 15,9092		+ 3,641371 ± 43,33 %	+ 0,167772 ± 2,15 %
Barking ..... *Barking*	+ 19,2771	+ 14,996083 ± 4,43 %	+ 81,064290 ± 4,37 %	
Kapping ..... *Bucking*	÷ 4,6026		+ 2,472270 ± 26,43%	
Aptering ..... *Laying off the tree into log the lengths*	÷ 5,6690	+ 0,383098 ± 6,83 %	+ 3,511439 ± 27,67 %	
Merking ..... *Branding (ownership-marking)*	÷ 2,6344	+ 0,474132 ± 2,74 %		
Samling av redsk. m. m. . *Assembling tools Writing a. s. f.*	+ 0,2873	+ 0,185947 ± 18,84 %		
Hjelpetider ..... *Supplementary time*	+ 7,2432			÷ 0,011305 ± 34,14 %

sjoner for deloperasjonene.
functions for the moments.

$x_5 = D_{1,3}^2\, h_r$ $\pm\ \sigma\ b_5$	$x_6 = 30 + t$ $\pm\ \sigma\ b_6$	$x_7 = (30+t)^2$ $\pm\ \sigma\ b_7$	$x_8 = D_{1,3}\,(30 + t)$ $\pm\ \sigma\ b_8$	$x_9 = e_b$ $\pm\ \sigma\ b_9$	$x_{10} = D_{1,3}\, e_b$ $\pm\ \sigma\ b_{10}$
6	7	8	9	10	11
÷ 0,050295 ± 5,80 %					
	÷ 13,344981 ± 9,68 %	+ 0,264063 ± 8,07 %	÷ 0,259590 ± 8,65%	+ 1,003218 ± 16,38 %	
+ 0,022792 ± 1,37 %					
+ 0,033812 ± 9,13 %				÷ 1,776233 ± 14,07 %	+ 0,107061 ± 10,07 %

Tabell 4. **Summering av konstantene til en**
Summation of the re-

Deloperasjon *Moment*	a	$D_{1,3}$	h_r	$D_{1,3}^2$
1	2	3	4	5
Felling ..... *Felling cut*	÷ 1,3599			+ 0,042779
Fellhugg..... *Under-cut*	÷ 1,7593	+ 0,262095		
Kvisting ..... *Lopping*	÷ 15,9092		+ 3,641371	+ 0,167772
Barking ..... *Barking*	÷ 1434,256	+ 7,208383	+ 81,064290	
Kapping ..... *Bucking*	÷ 4,6026		+ 2,472270	
Aptering ..... *Laying off the tree into log lengths*	÷ 5,6690	+ 0,383098	+ 3,511439	
Merking ..... *Branding (ownership marking)*	÷ 2,6344	+ 0,474132		
Samling av redsk. m.m.. *Asembling tools, writing a.s.f.*	+ 0,2873	+ 0,185947		
Hjelpetider ..... *Supplementary time*	+ 7,2432			÷ 0,011305
Sum effektiv tid pr. tre *Total main time pr. tree*	÷ 167,8195	+ 8,513655	+ 90,689370	+ 0,199246

funksjon for effektiv tid ved treet.
gression coefficients.

$D_{1,3}^2 \cdot h_r$	t	t^2	$D_{1,3} \cdot t$	e_b	$D_{1,3} \cdot e_b$
6	7	8	9	10	11
÷ 0,050295					
	+ 2,498799	+ 0,264063	÷ 0,259590	+ 1,003218	
+ 0,022792					
+ 0,033812				÷ 0,773015	+ 0,107061
+ 0,006309	+ 2,498799	+ 0,264063	÷ 0,259590	÷ 1,776233	+ 0,107061

Tabell 5. **Den absolutte og relative fordeling av deloperasjonstidene. Tid i $^1/_{10}$ minutter. (Relativ høyde 0,8, temperatur $\geq$ 0° C, barmark.)**

The absolute and relative distribution of moment times Time in $^1/_{10}$ minutes (relative height = 0,8, temperature $\geq$ 0° C, bare ground.)

Deloperasjon *Moment*	$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*											
	15		20		25		30		35		40	
	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*
Felling *Felling cut*	7,4	9,4	16,7	10,6	25,4	10,3	37,1	10,8	51,0	11,3	67,1	11,7
Fellhugg *Under-cut*	2,2	2,8	3,4	2,2	4,8	2,0	6,1	1,8	7,4	1,6	8,7	1,5
Kvisting *Lopping*	15,9	20,3	37,8	24,1	66,8	27,2	101,8	29,6	143,3	31,6	191,2	33,4
Barking *Barking*	29,9	38,2	65,2	41,6	101,6	41,4	137,7	40,0	173,7	38,4	209,7	36,6
Kapping *Bucking*	1,5	1,9	4,6	3,0	8,8	3,6	13,8	4,0	19,7	4,4	26,6	4,6
Aptering *Laying off the tree into log lengths*	2,9	3,7	4,8	3,1	6,7	2,7	8,6	2,5	10,6	2,3	12,5	2,2
Merking *Branding (ownership marking)*	4,6	5,8	6,8	4,3	9,2	3,8	11,6	3,4	14,0	3,1	16,3	2,9
Samling av redskap m.m. *Assembling tools writing a.s.f.*	3,1	4,0	4,0	2,5	4,9	2,0	5,9	1,7	6,8	1,5	7,7	1,4
Hjelpetider *Supplementary time*	10,9	13,9	13,4	8,6	17,1	7,0	21,4	6,2	26,5	5,8	32,4	5,7
Sum *Total*	78,4	100,0	156,7	100,0	245,3	100,0	344,0	100,0	453,0	100,0	572,2	100,0

Tabell 6. **Den absolutte og relative fordeling av deloperasjonstidene. Tid i $^1/_{10}$ minutter. (Relativ høyde 1,2, temp. ≷ 0° C, barmark.)**

The absolute and relative distribution og moment times Time in $^1/_{10}$ minutes (relative height = 1.2, temperature ≷ 0° C, bare ground.)

Deloperasjon *Moment*	$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl· bark in cm*											
	15		20		25		30		35		40	
	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*
Felling *Felling cut*	7,4	6,4	16,7	8,6	25,4	9,0	37,1	9,7	51,0	10,4	67,1	11,0
Fellhugg *Under-cut*	2,2	1,9	3,5	1,8	4,8	1,7	6,1	1,6	7,4	1,5	8,7	1,4
Kvisting *Lopping*	12,9	11,2	31,2	16,1	55,7	19,7	85,2	22,3	120,1	24,4	160,5	26,2
Barking *Barking*	62,4	54,1	97,6	50,3	134,0	47,4	170,1	44,5	206,0	41,8	242,1	39,5
Kapping *Bucking*	4,6	4,0	9,3	4,8	15,4	5,4	23,0	6,0	31,9	6,5	42,1	6,9
Aptering *Laying off the tree into log lengths*	4,3	3,8	6,1	3,1	8,1	2,9	10,0	2,6	12,0	2,4	13,9	2,3
Merking *Branding (ownership marking)*	4,5	3,9	6,8	3,5	9,2	3,2	11,6	3,0	14,0	2,8	16,3	2,7
Samling av redskaper m. m. *Assembling tools, writing a.s.f.*	3,1	2,7	4,0	2,1	4,9	1,7	5,9	1,5	6,8	1,4	7,7	1,2
Hjelpetider *Suplementary time*	14,0	12,1	18,8	9,7	25,5	9,0	33,6	8,8	43,1	8,8	54,1	8,8
Sum *Total*	115,3	100,0	194,0	100,0	283,1	100,0	382,6	100,0	492,3	100,0	612,5	100,0

Tabell 7. **Den absolutte og relative fordeling av deloperasjonstidene. Tid i $^1/_{10}$ minutter. (Relativ høyde 1,4, temp. ≦ 0° C, barmark.)**

The absolute and relative distribution of moment times. Time in $^1/_{10}$ minutes (relative height = 1.6, temperature ≦ 0° C, bare ground.)

Deloperasjon *Moment*	$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*											
	15		20		25		30		35		40	
	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*	Tid *Time*	% *Per cent*
Felling *Felling cut*	7,4	4,9	16,7	7,2	25,4	7,9	37,1	8,8	51,0	9,6	67,1	10,3
Fellhugg *Under-cut*	2,2	1,4	3,5	1,5	4,8	1,5	6,1	1,4	7,4	1,4	8,7	1,3
Kvisting *Lopping*	9,7	6,4	24,7	10,7	44,6	13,9	68,7	16,3	97,0	18,2	129,8	19,9
Barking *Barking*	94,8	62,3	130,1	56,2	166,4	51,9	202,4	48,1	238,5	44,9	274,5	42,1
Kapping *Bucking*	7,6	5,0	13,8	6,0	22,1	6,9	32,2	7,6	44,0	8,3	57,7	8,8
Aptering *Laying off the trees into long lengths*	5,7	3,8	7,5	3,3	9,5	3,0	11,4	2,7	13,4	2,5	15,3	2,3
Merking *Branding (ownership marking)*	4,5	3,0	6,8	2,9	9,2	2,9	11,6	2,8	14,0	2,6	16,3	2,5
Samling av redskaper m. m. *Assembling tools, writing a.s.f.*	3,1	2,1	4,0	1,7	4,9	1,5	5,9	1,4	6,8	1,3	7,7	1,2
Hjelpetider *Supplementary time*	17,1	11,2	24,2	10,5	34,0	10,5	45,8	10,9	59,6	11,2	75,7	11,6
Sum Total	152,1	100,0	231,3	100,0	320,9	100,0	421,2	100,0	531,7	100,0	652,8	100,0

Tabell 8. **Den relative fordeling av deloperasjonstidene. (Relativ høyde 1,2, barmark.)**
The relative distribution of moment times (relative height = 1.2, bare ground.)

Deloperasjon *Moment*	Temperatur i °C. — *Temperature in °Celsius*											
	÷ 6						÷ 12					
	$D_{1,3}$ m/bark i cm. — *D B H incl. bark in cm.*											
	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent
Felling *Felling cut*	5,5	7,6	8,0	8,8	9,4	10,0	4,3	6,3	6,9	7,7	8,4	9,0
Fellhugg *Under-cut*	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
Kvisting *Lopping*	9,7	14,2	17,6	20,1	22,2	24,0	7,6	11,8	15,1	17,6	19,7	21,5
Barking *Barking*	60,3	56,1	52,9	49,9	47,1	44,7	68,9	63,6	59,6	56,1	53,0	50,3
Kapping *Bucking*	3,4	4,2	4,9	5,4	5,9	6,3	2,7	3,5	4,2	4,7	5,2	5,6
Aptering *Laying off the tree into log lengths*	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	2,1	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
Merking *Branding (ownership marking)*	3,4	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2
Samling av redskaper m. m. *Assembling tools, writing a.s.f.*	2,3	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
Hjelpetider *Supplementary time*	10,5	8,6	8,1	7,9	8,0	8,1	8,2	7,1	6,9	6,9	7,1	7,3
Sum *Total*	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabell 9. **Den relative fordeling av deloperasjonstidene. (Relativ høyde 1,2, temp. ÷ 6° C.)**
The relative distribution of moment times (relative height = 1.2, temperature = —6° C.)

Deloperasjon *Moment*	Snødybde i bestandet i dm — *Snow depth in stand in dm*											
	6						12					
	$D_{1,3}$ m/bark i cm — *D B H incl. bark in cm*											
	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent	% per cent
Felling ..... *Felling cut*	5,3	7,3	7,7	8,5	9,1	9,7	5,1	7,0	7,5	8,2	8,8	9,4
Fellhugg ..... *Under-cut*	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
Kvisting ..... *Lopping*	9,3	13,7	17,0	19,4	21,5	23,2	9,0	13,3	16,4	18,8	20,8	22,6
Barking ..... *Barking*	62,5	56,8	52,9	49,6	46,7	44,2	64,5	57,3	52,9	49,3	46,3	43,7
Kapping ..... *Bucking*	3,3	4,1	4,7	5,3	5,7	6,1	3,2	3,9	4,5	5,1	5,5	5,9
Aptering ..... *Laying off the tree into log lenths*	3,1	2,7	2,5	2,3	2,2	2,0	3,0	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0
Merking ..... *Branding (ownership marking)*	3,3	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	3,2	2,9	2,7	2,6	2,4	2,3
Samling av redskaper m. m. .... *Assembling tools, writing a.s.f.*	2,2	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	2,2	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1
Hjelpetider ..... *Supplimentary time*	9,4	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	8,3	9,8	10,7	11,2	11,6	11,8
Sum..... *Total*	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabell 10. **Virketid pr. tre i $^1/_{10}$ minutt. (Barmark, temp. $\geq 0^\circ$ C, avstand mellom trærne 0 m.)**
Basis time per tree in $^1/_{10}$ minutes (bare ground, temperature $\geq 0^0$ C, distance between trees = 0 m).

$D_{1,3}$ m/bark *D B H incl. bark*	Relativ høyde — *Relative height*									
	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
12	36,3	45,5	54,6	63,8	73,0	82,1	91,3	100,5	109,6	118,8
14	64,0	73,2	82,4	91,5	100,8	109,9	119,1	128,3	137,5	146,7
16	93,3	102,5	111,7	120,9	130,2	139,4	148,6	157,9	167,1	176,3
18	124,2	133,4	142,7	152,0	161,3	170,5	179,8	189,1	198,3	207,6
20	156,7	166,0	175,4	184,7	194,0	203,3	212,7	222,0	231,3	240,6
22	190,9	200,3	209,6	218,9	228,4	237,8	247,1	256,5	265,9	275,2
24	226,7	236,2	245,6	255,0	264,5	273,9	283,3	292,7	302,2	311,6
26	264,2	273,7	283,2	292,6	302,1	311,6	321,1	330,6	340,1	349,6
28	303,3	312,8	322,4	332,0	341,5	351,1	360,6	370,2	379,8	389,3
30	344,0	353,7	363,3	373,0	382,6	392,2	401,9	411,5	421,2	430,8
32	386,4	396,1	405,8	415,5	425,2	434,9	444,6	454,3	464,1	473,8
34	430,4	440,2	450,0	459,8	469,6	479,4	489,8	499,0	508,8	518,6
36	476,0	485,9	495,8	505,7	515,6	525,5	535,4	545,2	555,1	565,0
38	523,3	533,2	543,2	553,2	563,2	573,2	583,2	593,1	603,1	613,1
40	572,2	582,2	592,3	602,4	612,5	622,6	632,6	642,7	652,8	662,9
42	622,8	632,9	643,0	653,2	663,4	673,6	683,8	693,9	704,1	714,3

Tabell 11. **Tillegg for temperatur til tabell 10 i $^1/_{10}$ minutter.**
Addition for temperature to Table 10 in $^1/_{10}$ minutes.

$D_{1,3}$ m/bark *D B H incl. bark*	Temperatur i °C — *Temperature ° Celsius*							
	÷ 2	÷ 4	÷ 6	÷ 8	÷ 10	÷ 12	÷ 14	÷ 16
12	2,3	6,7	13,2	21,8	32,6	45,4	60,4	77,5
14	3,3	8,8	16,3	26,0	37,8	51,7	67,7	85,8
16	4,4	10,8	19,4	30,1	43,0	57,9	74,9	94,1
18	5,4	12,9	22,6	34,3	48,1	64,1	82,2	102,4
20	6,4	15,0	25,7	38,4	53,3	70,3	89,5	110,7
22	7,5	17,1	28,8	42,6	58,5	76,6	96,7	119,0
24	8,5	19,2	31,9	46,8	63,7	82,8	104,0	127,3
26	9,6	21,2	35,0	50,9	68,9	89,0	111,3	135,6
28	10,6	23,3	38,1	55,1	74,1	95,3	118,5	143,9
30	11,6	25,4	41,2	59,2	79,3	101,5	125,8	152,2
32	12,7	27,5	44,4	63,4	84,5	107,7	133,1	160,5
34	13,7	29,5	47,5	67,5	89,7	114,0	140,3	168,8
36	14,8	31,6	50,6	71,7	94,9	120,2	147,6	177,1
38	15,8	33,7	53,7	75,8	100,1	126,4	154,9	185,5
40	16,8	35,8	56,8	80,0	105,3	132,6	162,1	193,8
42	17,8	37,9	59,9	84,1	110,5	138,8	169,3	202,1

Tabell 12. **Tillegg for snødybde i bestandet til tabell 10 i $^1/_{10}$ minutter.**
Addition for snow depth within the stand to Table 10 in $^1/_{10}$ minutes.

$D_{1,3}$ m/bark *D B H incl. bark*	Snødybde i bestandet i dm *Snow depth in stand dm*					
	2	4	6	8	10	12
12	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1
14	1,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,7
16	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3
18	2,3	4,6	6,9	9,2	11,5	13,9
20	2,7	5,5	8,2	11,0	13,7	16,4
22	3,2	6,3	9,5	12,7	15,8	19,0
24	3,6	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6
26	4,0	8,0	12,1	16,1	20,1	24,1
28	4,5	8,9	13,4	17,8	22,3	26,7
30	4,9	9,8	14,6	19,5	24,4	29,3
32	5,3	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8
34	5,7	11,5	17,2	22,9	28,7	34,4
36	6,2	12,3	18,5	24,7	30,8	36,9
38	6,6	13,2	19,8	26,4	33,0	39,5
40	7,0	14,0	21,1	28,1	35,1	42,1
42	7,4	14,8	22,4	29,8	37,3	44,7

Tabell 13. **Tillegg for gang mellom trærne til tabell 10 i $^1/_{10}$ minutter.**
Addition for walking time between trees to Table 10 in $^1/_{10}$ minutes.

Snødybde i bestand dm *Snow depth in stand dm*	Avstand mellom trærne i meter *Distance between the trees in meters*									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,8	4,4	4,9	5,5
2	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,5	4,1	4,7	5,3	5,8
4	0,7	1,3	1,9	2,5	3,1	3,8	4,4	5,0	5,6	6,2
6	0,7	1,4	2,0	2,7	3,3	4,0	4,6	5,3	6,0	6,6
8	0,8	1,5	2,1	2,8	3,5	4,2	5,0	5,6	6,3	7,0
10	0,8	1,5	2,3	3,0	3,7	4,4	5,2	5,9	6,6	7,4

Tabell 14. **Tillegg for snømåking til tabell 10 i $^1/_{10}$ minutter.**
Addition for snow shovelling to Table 10 in $^1/_{10}$ minutes.

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Snødybde i bestand i dm *Snow depth in stand in dm*					
	2	4	6	8	10	12
12		5,9	12,1	18,3	24,4	30,6
14	0,2	6,4	12,6	18,8	25,0	31,2
16	0,8	7,0	13,1	19,3	25,5	31,7
18	1,3	7,5	13,7	19,9	26,0	32,2
20	1,8	8,0	14,2	20,4	26,6	32,8
22	2,4	8,6	14,7	20,9	27,1	33,3
24	2,9	9,1	15,3	21,5	27,6	33,8
26	3,4	9,6	15,8	22,0	28,2	34,4
28	4,0	10,2	16,3	22,5	28,7	34,9
30	4,5	10,7	16,9	23,1	29,2	35,4
32	5,0	11,2	17,4	23,6	29,8	36,0
34	5,6	11,8	17,9	24,1	30,3	36,5
36	6,1	12,3	18,5	24,7	30,8	37,0
38	6,6	12,8	19,0	25,2	31,4	37,6
40	7,2	13,4	19,5	25,7	31,9	38,1
42	7,7	13,9	20,1	26,3	32,5	38,6

Tabell 15. **Nødvendige tapstider i prosent av virketiden ved manuelt hogstarbeide.**
Necessary lost times in percent of basis time for manual cutting work.

Hogger nr. *Worker number*	Arbeidstapstid *Working lost time*	Persontapstid *Person lost time*	Nødvendige tapstider *Necessary lost time*
1	5,49	20,22	25,71
2	2,67	11,14	13,81
3	3,00	10,96	13,96
4	3,32	4,14	7,46
5	2,00	15,06	17,06
6	1,60	12,38	13,98
7	2,86	3,67	6,53
8	2,16	2,91	5,07
9	2,19	6,52	8,71
10	0,94	14,05	14,99
11	1,52	10,98	12,50
12	4,03	9,56	13,59
13	2,27	4,09	6,36
14	3,49	7,41	10,90
15	5,48	8,74	14,22
16	1,47	19,53	21,00
17	1,21	16,89	18,10
Middel	2,86	8,22	11,08

Tabell 10.

Arbeidsplasstid pr. tre i $^1/_{10}$ minutt.

Production time at working place per tree in $^1/_{10}$ minutes.

Snødybde i bestand i dm *Snow depth in stand in dm*	Avstand mellom trærne i meter *Distance between the trees in meters*	Temperatur i C° *Temperature in Centidegrees*	Relativ høyde — *Relative height*								
			0,8			1,2			1,6		
			$D_{1,3}$ m/bark i cm — *D B H incl. bark in cm*								
			12	22	32	12	22	32	12	22	32
0	4	0	41,4	213,2	430,3	82,2	254,8	473,4	122,8	296,5	516,6
		÷ 6	56,1	245,1	479,6	96,9	286,8	522,7	137,5	328,5	565,9
		÷12	91,9	298,2	549,9	132,6	339,9	593,0	173,3	381,5	636,3
	8	0	42,5	214,3	431,4	83,3	255,9	474,5	123,9	297,6	517,7
		÷ 6	57,2	246,2	480,7	98,0	287,9	523,8	138,6	329,6	567,0
		÷12	93,0	299,3	551,0	133,7	341,0	594,1	174,4	382,6	637,4
	12	0	43,6	215,4	432,5	84,4	257,0	475,6	125,0	298,7	518,8
		÷ 6	58,3	247,3	481,8	99,1	289,0	524,0	139,7	330,7	568,1
		÷12	94,1	300,4	552,1	134,8	342,1	595,2	175,5	383,7	638,5
6	4	0	57,2	238,7	465,7	97,9	280,4	508,8	138,6	322,0	552,0
		÷ 6	71,8	270,7	515,0	112,6	312,4	558,1	153,2	354,0	601,3
		÷12	107,6	323,8	585,3	148,4	365,4	628,4	189,0	407,1	671,6
	8	0	58,5	240,0	467,0	99,2	281,7	510,1	139,9	323,3	553,3
		÷ 6	73,1	272,0	516,3	113,9	313,7	559,4	154,5	355,3	602,6
		÷12	108,9	325,1	586,6	149,7	366,7	629,7	190,3	408,4	672,9
	12	0	59,8	241,3	468,3	100,5	283,0	511,4	141,2	324,6	554,6
		÷ 6	74,4	273,3	517,6	115,2	315,0	560,7	155,8	356,6	603,9
		÷ 12	110,2	326,4	587,9	151,0	368,0	631,0	191,6	409,7	674,2

Tabell 17. **Hogstutbyttet i m³/time av arbeidsplasstiden.**

Cutting production in cubic meters per hour of production time at working place.

Snødybde i bestand i dm *Snow depth in stand in dm*	Avstand mellom trærne i meter *Distance between the trees in meters*	Temperatur i C° *Temperature in Centi-degrees*	Relativ høyde — *Relative height*								
			0,8			1,2			1,6		
			$D_{1,3}$ m/bark i cm — *D B H incl. bark in cm*								
			12	22	32	12	22	32	12	22	32
0	4	0	0,391	0,507	0,566	0,416	0,683	0,824	0,435	0,809	1,041
		÷ 6	0,289	0,441	0,508	0,353	0,607	0,746	0,388	0,731	0,950
		÷12	0,176	0,362	0,443	0,258	0,512	0,658	0,308	0,629	0,845
	8	0	0,381	0,504	0,565	0,411	0,682	0,822	0,431	0,806	1,038
		÷ 6	0,283	0,439	0,507	0,349	0,604	0,745	0,385	0,728	0,948
		÷12	0,174	0,361	0,442	0,256	0,510	0,656	0,306	0,627	0,843
	12	0	0,372	0,501	0,563	0,405	0,677	0,820	0,427	0,803	1,036
		÷ 6	0,278	0,438	0,506	0,345	0,602	0,743	0,382	0,726	0,946
		÷12	0,172	0,360	0,441	0,254	0,509	0,655	0,304	0,625	0,842
6	4	0	0,283	0,452	0,523	0,349	0,621	0,767	0,385	0,745	0,974
		÷ 6	0,226	0,399	0,473	0,304	0,557	0,699	0,349	0,678	0,894
		÷12	0,151	0,334	0,416	0,230	0,476	0,621	0,285	0,590	0,800
	8	0	0,277	0,450	0,522	0,345	0,618	0,765	0,382	0,742	0,972
		÷ 6	0,222	0,397	0,472	0,300	0,555	0,697	0,346	0,675	0,892
		÷12	0,149	0,332	0,415	0,228	0,475	0,619	0,281	0,588	0,799
	12	0	0,271	0,448	0,520	0,340	0,615	0,763	0,378	0,739	0,969
		÷ 6	0,218	0,395	0,471	0,297	0,552	0,696	0,343	0,673	0,890
		÷12	0,147	0,331	0,414	0,226	0,473	0,618	0,279	0,586	0,797

Tabell 18. **Arbeidstid i minutter pr. dag.**
Working time in minutes per day.

Måned *Months*	Produksjonstid *Total production time*	Måltider og middagshvil *Meals*	Arbeidsplasstid *Production time at working place*
Oktober	525	139	386
November	475	130	345
Desember	439	111	328
Januar	420	116	304
Februar	500	141	359
Mars	534	154	380
April	586	163	423

Tabell 19. **De enkelte hoggeres gjennomsnittlige virketid pr. tre i % av virketiden etter utjevningsfunksjonstiden.**
The individual cutters average basis time per tree in percent of basis time as found by function.

Hogger nr. *Worker number*	$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*		
	12	22	32
2	133	129	126
3	72	76	79
4	100	100	100
5	106	110	112
7	100	100	100
8	100	100	100
9	99	102	106
12	105	106	105
13	100	86	83
14	99	95	93
15	100	100	100

Tabell 20. **Oversikt over resultatet fra ergometerprøvene. (Sammenhengen mellom hoggernes pulsfrekvens og effekt.)**
Summary of results from the ergometer tests (correlation between the cutters' pulse frequencies and effect).

Hogger nr. *Worker number*	Ligning *Equation*	R	S % *per cent*	σb % *per cent*
1	$15{,}79 \cdot p \div 1443$	0,96	11,3	5,5
3	$13{,}36 \cdot p \div 622$	0,97	11,7	4,6
6	$15{,}62 \cdot p \div 1157$	0,91	20,8	12,6
7	$11{,}31 \cdot p \div 974$	0,99	4,6	2,6
8	$16{,}39 \cdot p \div 1460$	0,97	9,9	4,7
9	$13{,}74 \cdot p \div 979$	0,99	6,7	3,1
10	$11{,}78 \cdot p \div 888$	0,97	10,3	4,8
11	$9{,}80 \cdot p \div 831$	0,98	7,9	3,9
12	$11{,}99 \cdot p \div 602$	0,86	10,8	14,4
13	$15{,}78 \cdot p \div 1183$	0,96	14,6	6,8
14	$21{,}42 \cdot p \div 1931$	0,96	15,3	6,7
15	$20{,}82 \cdot p \div 1852$	0,98	6,7	5,1
16	$14{,}83 \cdot p \div 1396$	0,89	20,3	11,2
17	$18{,}65 \cdot p \div 1653$	0,99	5,9	3,3

Tabell 21. **Deloperasjonenes innflytelse på**
The influence of the separate moments on the

Deloperasjon *Moment*	Hogger nr. — *Worker number*				
	2	3	4	5	7
Felling ..... *Felling cut*	107,1 ± 1,7	124,7 ± 2,3	125,3 ± 2,4	113,2 ± 2,0	132,9 ± 1,4
Fellhugg ..... *Under-cut*	—	112,1 ± 2,6	108,0 ± 0,8	106,8 ± 2,0	128,4 ± 1,5
Kvisting ..... *Lopping*	98,7 ± 2,2	115,6 ± 1,8	110,3 ± 2,0	104,6 ± 1,3	124,4 ± 1,4
Barking ..... *Barking*	103,0 ± 2,4	118,4 ± 1,8	110,5 ± 2,2	107,9 ± 2,0	129,3 ± 1,4
Kapping ..... *Bucking*	104,4 ± 2,6	121,2 ± 1,5	113,7 ± 2,1	107,7 ± 1,2	128,0 ± 1,2
Aptering og merking ..... *Laying off the tree into log lengths and branding*	—	108,9 ± 1,3	80,3 ± 1,4	96,9 ± 0,8	114,8 ± 1,8
Hjelpetider ..... *Supplementary time*	94,8 ± 2,3	116,8 ± 3,5	109,8 ± 0,7	104,9 ± 1,7	122,4 ± 1,4

* Summen gjelder for hoggerne 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 15. *Total refer to the*

Tabell 22. **Deloperasjonenes innflytelse på hoggernes**
The influence of the separate moments on

Deloperasjon *Moment*	Hogger nr. — *Worker number*				
	2	3	4	5	7
Felling ..... *Felling cut*	101,0 ± 5,4	120,7 ± 1,8	127,0 ± 1,2	124,0 ± 4,1	141,3 ± 2,2
Fellhogg..... *Under-cut*	—	101,6 ± 4,1	124,4 ± 0,8	—	129,8 ± 1,6
Kvisting ..... *Lopping*	92,6 ± 3,9	—	118,5 ± 1,3	108,0 ± 2,0	129,4 ± 3,2
Barking ..... *Barking*	99,6 ± 3,9	110,2 ± 3,0	124,4 ± 0,7	113,7 ± 1,8	135,0 ± 2,7
Kapping ..... *Bucking*	97,7 ± 4,9	104,3 ± 2,7	119,6 ± 1,1	105,0 ± 1,8	136,3 ± 2,5
Aptering og merking ..... *Laying off the tree into log lengths and branding*	82,5 ± 4,1	90,2 ± 3,8	111,5 ± 1,0	96,5 ± 3,7	119,1 ± 1,7
Hjelpetider ..... *Supplementary time*	82,9 ± 5,1	96,9 ± 3,3	120,0 ± 1,2	—	128,8 ± 1,8

* Summen gjelder for hoggerne 4, 7, 8, 9, 13, 14, 15. *Total refer to the*

hoggernes pulsfrekvens. (Tinet bark.)
pulse frequencies of cutters (thawed bark).

Hogger nr. — *Worker number*					Sum* *Total**
8	9	13	14	15	
110,7 ± 2,2	119,6 ± 1,3	123,5 ± 1,5	123,2 ± 1,6	127,8 ± 0,8	122,3 ± 0,7
107,6 ± 0,9	115,7 ± 1,9	114,6 ± 4,7	102,4 ± 1,9	118,1 ± 0,8	112,6 ± 0,6
103,4 ± 1,5	114,4 ± 1,2	111,3 ± 3,1	104,2 ± 1,3	117,7 ± 1,8	111,8 ± 0,5
108,5 ± 1,4	114,5 ± 1,5	112,4 ± 2,5	104,0 ± 2,1	117,7 ± 1,9	113,7 ± 0,6
106,1 ± 1,3	112,0 ± 1,3	114,7 ± 2,5	111,5 ± 2,4	119,4 ± 2,3	114,9 ± 0,5
94,4 ± 1,3	99,7 ± 0,5	108,0 ± 2,3	93,3 ± 2,2	106,1 ± 2,4	100,3 ± 0,7
103,5 ± 1,5	91,6 ± 1,6	112,0 ± 4,9	98,7 ± 2,1	111,7 ± 1,9	107,9 ± 0,6

workers 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 15.

pulsfrekvens. (Frossen bark.)
the pulse frequencies of cutters (frozen bark).

Hogger nr. — *Worker number*					Sum* *Total**
8	9	13	14	15	
105,2 ± 2,0	122,5 ± 2,4	124,6 ± 2,5	110,6 ± 2,9	124,0 ± 1,0	122,2 ± 1,8
97,6 ± 1,2	122,9 ± 2,8	113,4 ± 2,5	104,8 ± 2,2	118,5 ± 0,5	115,6 ± 0,8
100,3 ± 1,0	121,4 ± 2,2	114,4 ± 0,5	115,1 ± 2,1	120,9 ± 3,8	117,1 ± 0,8
109,4 ± 3,1	123,2 ± 1,7	112,5 ± 1,8	110,1 ± 2,0	120,7 ± 1,9	119,3 ± 0,8
105,6 ± 2,8	120,6 ± 2,1	113,3 ± 1,5	107,3 ± 2,0	118,4 ± 1,8	117,3 ± 0,7
94,5 ± 1,7	109,9 ± 1,5	104,4 ± 1,4	97,2 ± 2,1	106,9 ± 5,0	106,2 ± 0,7
101,1 ± 2,5	116,5 ± 1,0	108,1 ± 3,1	100,5 ± 2,7	118,4 ± 3,6	113,3 ± 1,1

workers 4, 7, 8, 9, 13, 14, 15.

Tabell 23. **Pulsfrekvens ved manuelt- og motorsagarbeide.**
Pulse frequency for manual and power saw work.

Hogger nr. *Worker number*	Felling *Felling cut*		Gang til tre *Walking to the tree*	
	A	B	A	B
3	124,7 ± 2,3	123,0 ± 2,3	110,5 ± 2,2	113,0 ± 1,0
4	125,3 ± 2,4	109,4 ± 1,8	101,8 ± 5,2	120,7 ± 3,0
5	113,2 ± 2,0	107,6 ± 1,4	100,7 ± 2,5	105,1 ± 2,8
Sum... *Total*	120,8 ± 2,7	111,3 ± 1,4	105,5 ± 2,2	113,9 ± 2,1

A = Manuelt arbeid *Manual work*
B = Motorsagarbeid *Work with chain saws*

Tabell 24. **Tredimensjonens innflytelse på hoggernes pulsfrekvens. (Barmark, tinet bark.)**
The influence of tree dimension on pulse frequencies of cutters (bare ground and thawed bark).

Deloperasjon *Moment*	$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*		
	15—20	20—25	25—30
	Relativ høyde — *Relativ height*		
	1,22	1,22	1,18
Felling ..... *Felling cut*	123,5 ± 1,5	121,6 ± 0,4	122,9 ± 1,2
Fellhugg ..... *Undercut*	97,0 ± 0,9	112,3 ± 1,2	116,0 ± 1,1
Kvisting ..... *Lopping*	111,2 ± 0,9	112,2 ± 1,0	114,4 ± 0,9
Barking ..... *Barking*	113,8 ± 2,0	115,4 ± 1,1	116,7 ± 1,3
Kapping ..... *Bucking*	114,2 ± 0,7	114,5 ± 1,0	118,0 ± 1,1
Aptering og merking ..... *Laying off the tree into log length and branding*	100,3 ± 2,2	103,8 ± 1,0	103,0 ± 1,4
Hjelpetider ..... *Supplementary time*	110,6 ± 0,9	109,6 ± 1,1	113,5 ± 0,9

Tabell 25.

Felling med motorsag. Deloperasjonstider i $^1/_{10}$ minutt.
Felling with power saw. Moment in $^1/_{10}$ minutes.

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Fellhogg *Undercut*	Hovedtider — *Main time*						Hjelpetider *Suplementary time*	
		Manuelt arbeid *Manual work*	Motorsager — *chain saws*					Manuelt arbeid *Manual work*	Motorsager *chain saws*
			(Jobu prototyp)	Jobu	Power Universal	Timber-hog	Precision Parts		
12	1,4	4,8	2,9	1,1	2,3	1,9	2,3	3,0	2,8
14	1,9	7,0	3,6	1,5	3,1	2,1	3,1	3,9	3,4
16	2,4	9,6	4,4	2,0	4,0	2,4	4,1	4,7	4,0
18	3,0	12,5	5,2	2,5	5,1	2,8	5,2	5,6	4,6
20	3,5	15,8	6,2	3,1	6,3	3,1	6,4	6,4	5,2
22	4,0	19,3	7,3	3,8	7,6	3,5	7,7	7,3	5,8
24	4,5	23,3	8,6	4,5	9,0	4,0	9,2	8,2	6,4
26	5,1	27,6	9,9	5,3	10,6	4,4	10,8	9,1	7,0
28	5,6	32,2	11,3	6,1	12,3	5,0	12,5	9,9	7,6
30	6,1	37,1	12,8	7,0	14,1	5,5	14,4	10,8	8,2
32	6,6	42,4	14,4	8,0	16,1	6,1	16,4	11,7	8,8
34	7,1	48,1	16,1	9,0	18,1	6,7	18,5	12,6	9,4
36	7,7	54,1	18,0	10,1	20,3	7,4	20,7	13,5	10,0
38	8,2	60,4	19,9	11,2	22,7	8,1	23,1	14,3	10,6
40	8,7	67,1	22,0	12,4	25,1	8,8	25,6	15,2	11,2

Tabell 26. **Kapping med motorsag. Deloperasjonstider i $^1/_{10}$ minutt.**
Bucking with power saw. Moment times in $^1/_{10}$ minutes.

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Hovedtider *Main time*				Hjelpetider *Suplementary time*	
	Manuelt arbeid *Manual work*	Motorsager *Chain saws*			Manuelt arbeid *Manual work*	Motorsager *Chain-saws*
		(Jobu prototyp)	Jobu	Pover Universal		
12	3,3	3,6	3,0	3,9	0,2	1,2
14	4,8	4,0	3,2	4,5	0,8	2,1
16	6,5	4,4	3,5	5,1	1,3	3,1
18	8,4	5,0	3,8	5,9	1,9	4,0
20	10,5	5,8	4,3	6,7	2,4	4,9
22	13,0	6,6	5,0	7,6	2,9	5,9
24	15,8	7,6	5,9	8,6	3,4	6,8
26	18,9	8,7	6,9	9,7	4,0	7,7
28	22,2	9,9	8,0	10,9	4,5	8,6
30	25,8	11,3	9,3	12,2	5,0	9,6
32	29,9	12,6	11,0	13,9	5,6	10,5
34	34,6	14,1	12,9	15,6	6,1	11,4
36	39,6	15,6	15,2	17,5	6,7	12,3
38	45,7		17,8	19,7	7,2	13,3
40	51,7		20,4	22,0	7,8	14,2

Tabell 27. **Gang mellom trærne. Tillegg til tabell 25 i $^1/_{10}$ minutter. Enmanns motorsager.**
Walking time between trees. Addition to Table 25 in $^1/_{10}$ minutes. One-man power saws.

Snødybde i bestand dm *Snow depth in the stand dm*	Avstand i meter — *Distance between the trees in metres*									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	1,0	1,7	2,3	2,9	3,6	4,2	4,8	5,4	6,1	6,7
1—5	1,1	1,8	2,5	3,1	3,8	4,5	5,1	5,8	6,5	7,1
6—10	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4	5,1	5,8	6,5	7,2	7,9
11—15	1,9	2,7	3,5	4,4	5,2	6,0	6,8	7,6	8,5	9,3

Tabell 28. **Gang mellom trærne. Tillegg til tabell 25 i $^1/_{10}$ minutter. Tomanns motorsager.**
Walking times between trees. Addition to Table 25 in $^1/_{10}$ minutes. Two-man power saws.

Snødybde i bestand dm *Snow depth in the stand dm*	Avstand i meter — *Distance between the trees in metres*									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	0,7	1,2	1,7	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3	4,9	5,4
1— 5	0,9	1,6	2,3	3,1	3,8	4,5	5,2	5,9	6,7	7,4
6—10	1,1	2,0	2,9	3,8	4,7	5,6	6,5	7,4	8,3	9,2
11—15	1,3	2,5	3,7	4,9	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0

Tabell 29. **Motortapstider ved motorsagene.**
Normale motortapstider i % av virketiden.
Unormale motortapstider i % av arbeidsplasstiden.
Motor lost times for the power saws.
Normal motor lost times in percent of basis time.
Abnormal motor lost time in percent of the total production time.

Motorsager — *Chain saws*	Normale *Normal*	Unormale *Abnormal*
Jobu prototyp	16,99	7,08
Jobu	25,81	8,45
Power universal	17,26	6,82
Timberhog	27,04	8,63
Precision	14,27	9,59

Tabell 30. **Normale motortapstider pr. tre i $^1/_{10}$ minutt.**
Normal motor lost time per tree in $^1/_{10}$ minutes.

$D_{1,3}$ m/bark *D B H incl. bark*	(Jobu prototyp)	Jobu	Power Universal	Timber hog	Presision Parts
12	1,2	1,4	1,1	1,7	1,0
22	2,9	3,5	3,0	3,6	2,5
32	5,1	6,0	5,4	5,8	4,5
40	7,1	8,3	7,8	7,8	6,5

Tabell 31. **Arbeidsplasstider i $^1/_{10}$ minutt for felling. Den abso-**
(Barmark, temperatur $\leq$ 0° C,
Production time at working place for felling in $^1/_{10}$ minutes. The
ground, temperature $\leq$ 0° C,

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Manuelt arbeid *Manual work*	Jobu Prototyp			Jobu		
		Total	Diff.	%	Total	Diff.	%
12	9,5	8,5	1,0	10,5	6,8	2,7	28,4
14	13,2	10,7	2,5	18,9	8,9	4,3	32,6
16	17,2	13,0	4,2	24,4	10,8	6,2	36,0
18	21,7	15,4	6,3	29,0	13,0	8,7	40,1
20	26,5	17,9	8,6	32,4	15,2	11,3	42,8
22	31,6	20,6	11,0	34,8	17,5	14,1	44,6
24	37,2	23,4	13,8	37,1	19,9	17,3	46,5
26	43,0	26,4	16,6	38,6	22,4	20,6	47,9
28	49,2	29,4	19,8	40,3	24,8	24,4	49,6
30	55,6	32,6	23,0	41,4	27,5	28,1	50,5
32	62,4	35,9	26,5	42,5	30,2	32,2	51,6
34	69,8	39,2	30,6	43,8	32,9	36,9	52,9
26	77,5	—	—	—	35,8	41,7	53,8
38	85,4	—	—	—	38,7	46,7	54,8
40	93,7	—	—	—	41,6	52,1	55,6

lutte og relative innsparing i tid pr. tre ved bruk av motorsag. avstand mellom trærne 0 m)

absolute and relative sawing in time per tree by using powers saw (bare distance between trees = 0 m).

Power Universal			Timberhog			Precision Parts brukt som tomannssag *Used as* two-man saw			Precision Perts brukt som enmannssag *Used as* one man saw		
Total	Diff.	%	Total	Diff.	%	Total	Diff.	%	Total	Diff.	%
7,8	1,7	17,9	16,2	÷ 6,7	÷70,5	15,6	÷ 6,1	÷64,2	9,1	0,4	4,2
10,1	3,1	23,5	19,6	÷ 6,4	÷48,5	20,0	÷ 6,8	÷51,5	12,2	1,0	7,6
12,5	4,7	27,3	23,2	÷ 6,0	÷34,9	25,0	÷ 7,8	÷45,4	15,5	1,7	9,9
15,4	6,3	29,0	27,4	÷ 5,7	÷26,3	30,6	÷ 8,9	÷41,0	19,1	2,6	12,0
18,0	8,5	32,1	31,2	÷ 4,7	÷17,7	36,0	÷ 9,5	÷35,9	22,7	3,8	14,4
20,9	10,7	33,9	35,2	÷ 3,6	÷11,4	41,8	÷10,2	÷32,3	26,4	5,2	16,4
23,9	13,3	35,8	39,4	÷ 2,2	÷ 6,0	48,0	÷10,8	÷29,1	30,3	6,9	18,6
27,4	15,6	36,3	43,6	÷ 0,6	÷ 1,4	54,6	÷11,6	÷27,0	34,4	8,6	20,0
30,7	18,5	37,7	48,2	1,0	2,0	61,4	÷12,2	÷24,9	38,7	10,5	21,4
34,2	21,4	38,5	52,4	3,2	5,8	68,6	÷13,0	÷23,4	43,0	12,6	22,7
37,9	24,5	39,3	56,8	5,6	9,0	76,0	÷13,6	÷21,8	47,5	14,9	23,9
41,7	28,1	40,3	61,4	8,2	11,8	83,6	÷13,8	÷19,8	52,2	17,6	25,2
45,8	31,7	40,9	66,4	11,1	14,3	91,8	÷14,3	÷18,4	57,1	20,4	26,4
50,0	35,4	41,5	71,2	14,2	16,7	100,0	÷14,6	÷17,1	62,1	23,3	27,3
54,2	39,5	42,1	75,8	17,9	19,3	108,8	÷15,1	÷16,1	67,5	26,2	27,9

Tabell 32. **Arbeidsplasstider i $^1/_{10}$ minutt for kapping. Den absolutte og relative innsparing i tid pr. tre ved bruk av motorsag. (Barmark, temperatur $\leqslant$ 0° C.)**

Production time at working place for bucking in $^1/_{10}$ minutes. The absolute and relative sawing in time per tree by using power saw (bare ground, temperature $\leqslant$ 0° C).

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Manuelt arbeid *Manual work*	(Jobu Prototyp)			Jobu			Power Universal		
		Total	Diff.	%	Total	Diff.	%	Total	Diff.	%
12	3,6	5,8	÷ 2,2	÷ 61,1	5,4	÷ 1,8	÷ 50,0	6,1	÷ 2,5	÷ 69,4
14	5,8	7,3	÷ 1,5	÷ 25,9	6,8	÷ 1,0	÷ 17,2	7,9	÷ 2,1	÷ 36,2
16	8,0	9,0	÷ 1,0	÷ 12,5	8,5	÷ 0,5	÷ 6,3	9,9	÷ 1,9	÷ 23,8
18	10,6	10,8	÷ 0,2	÷ 1,9	10,1	0,5	4,7	11,9	÷ 1,3	÷ 12,3
20	13,3	12,9	0,4	3,0	11,9	1,4	10,5	14,0	÷ 0,7	÷ 5,3
22	16,4	15,0	1,4	8,5	14,1	2,3	14,0	16,3	0,1	0,6
24	19,7	17,3	2,4	12,2	16,4	3,3	16,8	18,5	1,2	6,1
26	23,6	19,7	3,9	16,5	18,8	4,8	20,3	21,0	2,6	11,0
28	27,5	22,2	5,3	19,3	21,4	6,1	22,2	23,5	4,0	14,6
30	31,7	25,1	6,6	20,8	24,4	7,3	23,0	26,3	5,4	17,0
32	36,5	27,8	8,7	23,8	27,7	8,8	24,1	29,4	7,1	19,5
34	41,9	30,6	11,3	27,0	31,3	10,6	25,3	32,5	9,4	22,4
36	47,6	—	—	—	35,5	12,1	25,4	35,9	11,7	24,6
38	54,4	—	—	—	40,1	14,3	26,3	39,7	14,7	27,0
40	61,2	—	—	—	44,6	16,6	27,1	43,6	17,6	28,8

Tabell 33. **Arbeidsplasstider i $^1/_{10}$ minutt for felling og kapping. Den absolutte og relative innsparing i tid pr. tre ved bruk av motorsag. (Barmark, temperatur $\geq 0°$ C, avstand mellom trærne 0 m.)**

Production time at working place for felling and bucking in $^1/_{10}$ minutes. The absolute and relative saving in time per tree by using power saw (bare ground, temperature $\geq 0^0$ C, distance between trees = 0 m).

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Manuelt arbeid i min/10 *Manual work in mins/10*	(Jobu Ptorotyp)			Jobu			Power Universal		
		Total	Diff.	%	Total	Diff.	%	Total	Diff.	%
12	13,1	14,3	÷ 1,2	÷ 9,2	12,2	0,9	6,9	13,9	÷ 0,8	÷ 6,1
14	19,0	18,0	1,0	5,3	15,7	3,3	17,4	18,0	1,0	5,3
16	25,2	22,0	3,2	12,7	19,3	5,9	23,4	22,4	2,8	11,1
18	32,3	26,2	6,1	18,9	23,1	9,2	28,5	27,3	5,0	15,5
20	39,8	30,8	9,0	22,6	27,1	12,7	32,0	32,0	7,8	19,6
22	48,0	35,6	12,4	25,8	31,6	16,4	34,2	37,2	10,8	22,5
24	56,9	40,7	16,2	28,5	36,3	20,6	36,2	42,4	14,5	25,5
26	66,6	46,1	20,5	30,8	41,2	25,4	38,2	48,4	18,2	27,3
28	76,7	51,6	25,1	32,7	46,2	30,5	39,8	54,2	22,5	29,4
30	87,2	57,7	29,6	34,0	51,9	35,4	40,6	60,5	26,8	30,7
32	98,9	63,7	35,2	35,6	57,9	41,0	41,5	67,3	31,6	32,0
34	111,7	69,8	41,9	37,8	64,2	47,5	42,6	74,2	37,5	33,6
36	125,1	—	—	—	71,3	53,8	43,0	81,7	43,4	34,7
38	139,8	—	—	—	78,8	61,0	43,7	89,7	50,1	35,8
40	154,9	—	—	—	86,2	68,7	44,4	97,8	57,1	36,9

Tabell 34. **Prestasjonsøkning ved felling med motorsag i % av arbeidsplasstiden for manuell hogst av barket virke.**
Production increase in felling by power saw in percent of total production time for manual cutting of barked timber).

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Motorsager — *Chain saws*											
	Jobu				Power universal				Timberhog			
	Relativ høyde — *Relative height*											
	0,8		1,4		0,8		1,4		0,8		1,4	
	Avstand mellom trærne i meter — *Distance between the trees in meters*											
	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12
12	5,2	4,5	2,1	1,8	2,8	2,0	1,1	0,8	÷ 19,8	÷ 24,9	÷ 7,9	÷ 9,9
14	5,3	4,7	2,8	2,6	3,5	3,1	1,9	1,7	÷ 10,9	÷ 13,7	÷ 5,8	÷ ÷ 6,5
16	5,5	5,1	3,5	3,2	3,9	3,7	2,5	2,3	÷ 7,1	÷ 9,0	÷ 4,4	÷ ÷ 5,6
18	5,9	5,7	4,1	3,9	4,2	4,0	2,9	2,7	÷ 5,1	÷ 6,5	÷ 3,5	÷ ÷ 4,5
20	6,2	6,0	4,6	4,4	4,5	4,3	3,4	3,2	÷ 3,5	÷ 4,6	÷ 2,5	÷ ÷ 3,4
22	6,4	6,3	5,0	4,8	4,8	4,6	3,7	3,6	÷ 2,3	÷ 3,3	÷ 1,8	÷ ÷ 2,5
24	6,7	6,5	5,3	5,2	5,0	4,9	4,0	3,9	÷ 1,8	÷ 2,6	÷ 1,4	÷ ÷ 2,1
26	6,8	6,7	5,6	5,5	5,2	5,1	4,3	4,2	÷ 0,7	÷ 1,3	÷ 0,5	÷ ÷ 1,1
28	7,0	6,9	5,9	5,8	5,3	5,2	4,5	4,4	÷ 0,1	÷ 0,7	÷ 0,1	÷ 0,6
30	7,2	7,1	6,2	6,1	5,5	5,4	4,7	4,6	0,5	0,0	0,4	0,0
32	7,4	7,3	6,5	6,3	5,6	5,6	4,9	4,8	1,0	0,5	0,9	0,5
34	7,6	7,5	6,7	6,6	5,8	5,8	5,1	5,1	1,4	1,0	1,3	0,9
36	7,8	7,7	6,9	6,9	5,9	5,9	5,3	5,3	1,9	1,5	1,7	1,3
38	7,9	7,9	7,1	7,1	6,0	6,0	5,4	5,4	2,2	1,9	2,0	1,7
40	8,1	8,1	7,3	7,3	6,1	6,1	5,5	5,5	2,6	2,4	2,4	2,1

Tabell 35. **Prestasjonsøkning ved felling og kapping med motorsag i % av arbeidsplasstiden for manuell hogst av barket virke.**
Production increase in felling and bucking by power saw in percent of total production time for manual cutting of barked timber.

$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm*	Motorsager — *Chain saws*							
	Jobu				Power Universal			
	Relativ høyde — *Relative height*							
	0,8		1,4		0,8		1,4	
	Avstand mellom trærne i meter *Distance between the trees in meters*							
	4	12	4	12	4	12	4	12
12	0,7	0,0	0,0	0,0	÷ 3,5	÷ 4,2	÷ 1,4	÷ 1,7
14	3,8	3,4	2,0	1,8	0,6	0,1	0,3	0,1
16	5,2	4,9	3,2	3,0	2,1	1,8	1,3	1,2
18	6,2	6,0	4,3	4,2	3,2	3,0	2,2	2,1
20	7,0	6,8	5,1	5,0	4,1	4,0	3,0	2,9
22	7,5	7,3	5,8	5,7	4,8	4,7	3,7	3,6
24	8,0	7,9	6,4	6,3	5,5	5,4	4,4	4,3
26	8,5	8,4	7,0	6,9	6,0	5,9	5,0	4,9
28	8,9	8,8	7,5	7,4	6,5	6,4	5,5	5,4
30	9,1	9,0	7,9	7,8	6,9	6,8	5,9	5,8
32	9,4	9,3	8,2	8,1	7,2	7,1	6,3	6,2
34	9,8	9,8	8,6	8,6	7,7	7,7	6,8	6,8
36	10,1	10,1	9,0	9,0	8,1	8,1	7,2	7,2
38	10,4	10,4	9,5	9,5	8,6	8,6	7,7	7,7
40	10,8	10,8	9,7	9,7	8,9	8,9	8,1	8,1

Tabell 36. **Prosentisk fordeling av utgiftene når motorsagen Jobu brukes under hogst av barket virke. (En motorsagfører + 5 etterarbeidere. Tinet bark, barmark.)**
Percentage distribution of costs when Jobu power saw is used for the cutting of barked timber (one power saw operator plus five crew workers on bare ground and for thawed bark).

Utgiftsposter *Costs*	$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark in cm.*			
	18		30	
	Relativ høyde *Relative height*			
	0,8	1,4	0,8	1,4
Arbeidsutgifter ..... *Wage cost*	93,7	94,6	94,2	94,2
Brensel og olje ..... *Gasoline and oil*	1,1	1,4	1,3	1,9
Avskrivning og renter..... *Depreciation and interest costs*	3,3	2,5	2,8	2,4
Vedlikehold ..... *Maintenace cost*	1,1	0,8	0,9	0,8
Reservedeler ..... *Spares*	0,8	0,7	0,8	0,7
Sum..... *Total*	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabell 37. **Prosentisk fordeling av utgiftene når motorsagen Jobu brukes under hogst av barket virke. (3 mann bruker motorsagen sammen. Tinet bark, barmark.)**

Percentage distribution of costs when Jobu power saw is used for the cutting of barked timber(three men use the power saw together onbare ground and for thawed bark).

Utgiftsposter *Costs*	$D_{1,3}$ m/bark i cm *D B H incl. bark*			
	18		30	
	Relativ høyde *Relative height*			
	0,8	1,4	0,8	1,4
Arbeidsutgifter ..... *Wage cost*	93,0	93,8	93,4	93,3
Brensel og olje ..... *Gasoline and oil*	1,1	1,5	1,3	2,2
Avskrivning og renter..... *Depreciation and interest costs*	3,6	2,8	3,2	2,7
Vedlikehold ..... *Maintenance cost*	1,2	0,8	1,0	0,8
Reservedeler ..... *Spares*	1,1	1,1	1,1	1,0
Sum..... *Total*	100,0	100,0	100,0	100,0

Cutting Studies in Norwegian Spruce Forests.

INTRODUCTION

The aim of the present investigation has been to analyse the whole work procedure connected with cutting of barked timber in normal evenaged Norway spruce stands when the cutting is done by good practised cutters. We have attempted to find how the cutting production varies with different dimensions, forest types and climatic conditions and to what extent different moments influence cutting production. Moreover, we have attempted to find out how cutting production can be increased with the use of power saws for the moments felling and bucking.

Dr. Birger Tvedt has acted in a consulting capacity during the planning of the physiological parts of the investigation and the chapter on pulse measurements has been written with his cooperation. The English translation of this summary was made by Research Associate Leif Holt, Montreal.

PLANNING OF THE INVESTIGATION

The investigation includes the cutting of 6,373 trees in normal even-aged spruce stands, partly as thinnings in middle-aged stands and partly as regeneration cuttings in nature forest. The cut-over areas were located at 300—650 meters above sea level in Østlandet and were comprised of trees of different difficulty classes, ranging from trees with slender stems and few branches to very poor quality trees with large and numerous branches. (See Table 1, page 514 and figs. 1, 2 and 3, page 401—403.)

Field work took place from 1 November 1947 to 15 May 1948. Approximately 45 cutters took part in the experiment and received a thorough training in modern cutting techniques before registration. These techniques were based on experience in the field of athletics and other physiological findings. Among

these cutters the 17 who showed the greatest promise of having acquired the best working techniques were chosen and their work was followed by detailed time studies throughout a whole cutting season. (See Table 2, page 515.) The following standard equipment was used by the cutters during the experiment:

Sandvikens Bredby handsaw (Norwegian "Svans").
Mustads axe no. 15. Weight without handle 1.2 kg.
V S A'a barking spud. " " " 0.85 " (normal bark).
" " " 1.35 kg (frozen bark).
Measuring pole, 2 meters long.
Peavy (for the biggest trees).

All major repairs of power saws (see page 573) and hand tools were undertaken by trained specialists at a central workshop. (See fig. 9, page 409.) At this workshop the motor saw chains and hand saws were filed twice a week. The cutters in the field only undertook minor maintenance.

The investigation refers therefore only to efficient trained cutters with modern tools maintained by first class equipment experts.

The time study was carried out according to the snap-back method. The graphical presentation on page †† gives a summary of how the cutting time is divided into different moments. The cutting conditions were classified for each individual tree and it turned out that we needed the following factors for the elimination of the different time functions comprising total cutting time.

y = Time in $^1/_{10}$ of a minute.
$D_{1,3}$ = Breast height diameter over bark (D.B.H. O/B) in centimeters measured at two diametrically opposite sides of the tree and then averaged.
H = Tree height in meters found as the sum of the individual logs plus the length of the top.
h = The height obtained from a chosen normal height curve computed from Landsskogtakseringen (Forest Survey of Norway) 1919—30.
h_r = The relative height $h_r = \frac{H}{h}$.

This equation is an expression of the tree's taper. (See Figs. 10 and 11, page 417—418.) The greater the relative height the less is the taper of the tree.

t = Air temperature in centidegrees at the time the tree is cut.
e_b = Snow depth inside the stand in decimeters.
e_t = Snow depth around the tree in decimeters.
g = Distance between trees in meters.

Factors other than these were also noted but it was discovered that they did not influence the cutting time.

CUTTING PRODUCTION AND BASIS TIME FOR MANUAL LABOUR

The time functions for the separate moment entering into the cutting results are determined with the help of an ordinary regression analysis by the method of least squares. (See Mordecar Ezekiel: Methods of correlation analysis, New York, 1930.)

In order to understand which factors influence the separate moments and also which types of function should be used for the elimination the following procedure was used:

The material was sorted for each moment with respect to all the independent variables which could possibly apply and have any influence on the time taken. Within each of the smallest groups of the sorted material the average time was calculated and these were plotted in a coordinate system for two and two factors at a time in that the other factors were kept constant at their average value in the material. If we, for example, imagine that the time of one moment is dependent on three factors, A, B and C, the material will first be grouped with respect to the factors A and B while factor C is kept constant at its average value in the material. Factor A is plotted on the abscissa axis and the calculated average times on the ordinate so that one curve is obtained for each factor. Then a new coordinate system is constructed with B plotted on the abscissa and a curve for average times for each value of the factor A is drawn. In the same way factors B and A are kept constant

in turn and the variation in time is analysed in relation to the other two factors.

This procedure requires a fairly large number of groupings, calculations of arithmetic mean and drawing of diagrams which was possible because the material was sorted by the punch card system. (International Business Machines.)

A study of the diagrams gave good indication of the type of function which should be used in the subsequent numerical smoothing of moments and also which independent variables should be included. The factors which had a definite influence as well as factors about which doubts existed were included. By testing the functions it was possible to decide which factors were to be included in the final functions of the moments.

The part of the investigation dealing with manual cutting included 3004 trees evenly divided among 11 cutters.

THE SEPARATE MOMENTS

W a l k i n g t o t h e t r e e . The terrain in the investigated cutting areas is relatively level without special hindrances of underbrush and topography.

We found therefore that the walking time is dependent on the distance between trees (g) and snow depth within the stand (e_b) in the following manner:

$$y = 0{,}2692 \cdot g + 0{,}0095 \cdot g \cdot e_b + 0{,}07 \qquad (1)$$

The coefficients have been defined with relatively great accuracy in that the standard errors of the regression coefficients is $\sigma b_g = 3.13\ \%$ of b_g and $\sigma b_{ge} = 8.04\ \%$ of b_{ge}. The coefficients of correlation are, for walking times, $R = 0.7194$ and the standard error (S) of the walking time is 1.24 or 47 %.

We see that walking time increases proportionately with the distance between the trees and that it takes longer to walk a certain distance to a tree with increased depth of snow. Snow depth exerts a greater influence on walking time with long than with short distances between trees. This is reasonable since it requires greater exertion to walk in deep snow than on bare ground and this is particularly noticeable when the distance

between trees is great. These facts are shown in Table 13 where walking time is calculated with the help of formula (1).

By recalculating the result it turned out that the cutters had walked at an verage speed of *2.23 km per hour* from tree to tree on bare ground and *1.64 km per hour* in snow depths of one meter. The reason for the relatively slow speed is, among other things, that the walking time is used to plan the felling direction of the next tree and also because the cutters will often use walking time to get a little rest before tackling the next tree.

Snow Shovelling. The time required to shovel snow away from the root of the tree before felling, in order to obtain low stumps, is dependent on the snow depth (e_t) and the diameter of the tree ($D_{1,3}$).

$$y = 0.2669 \cdot D_{1,3} + 3.0929 \cdot e_t \div 9.69 \qquad (2)$$

Regression coefficients in the formula have the following standard errors:

$$\sigma_{b\bar{d}} = 11.10\ \% \text{ of } b_{\bar{d}} \text{ and } \sigma_{be} = 2.50\ \% \text{ of } b_e$$

The correlation between snow shovelling times according to formula (2) and the snow shovelling times noted in the field is $R = 0.6873$. The standard error (S) is 7.33 or 52.83 %. This standard error is caused partly because the type of snow is also of importance in relation to the time required to shovel snow away from a tree. If this condition is to be taken into consideration in the determination of the function, then a formula for each snow type would have to be given since snow type is a qualitative factor. This would complicate the analysis and is in any case of little practical importance so it has not been taken into consideration for snow shovelling time. As the observations were made during a whole cutting season formula (2) gives snow shovelling time for average snow types. This reasoning is also applicable for walking time between trees when there is snow on the ground in that the time required also in this case is dependent on snow type.

In Table 14 the time for snow shovelling is calculated according to formula (2). The time required depends firstly on snow depth and to a somewhat lesser extent on the dimension of the tree.

Felling. The sawing is shown to be proportional to the area of the cutting surface at the base. Sawing time is however related to the breast height diameter over bark in that stump diameter can be expressed by means of a stump quotient (K) which is the relation between the stump diameter inside bark (D_{st}) and breast height diameter over bark ($D_{1,3}$).

$$K = \frac{D_{st}}{D_{1,3}}$$

It turned out that neither the taper of the tree (expressed by means of relative height) nor depth of snow around the tree had any influence on the value of this stump quotient. Likewise there was little variation in the stump quotient for the various cutters. This indicates that the investigated cutters used correct stump height which, according to instructions, was set at a point at the highest root spur. Neither depth of snow nor the taper of the tree influenced the cutters to work otherwise. The average stump quotient in the material is:

$$K = 1{,}209 \pm 0.001$$

Sawing time is described by the formula:

$$y = 0.0428 \cdot D_{1,3}^2 \div 1.36 \qquad (3)$$

By inserting $D_{st} = D_{1,3} \cdot 1{,}209$ in the formula we get:

$$y = 0.0292 \cdot D_{st}^2 \div 1.36$$

Inserting $G = \frac{\pi}{4} \cdot D_{st}^2$, which is the surface area at stump, we get:

$$y = 0.0372 \cdot G \div 1.36$$

Sawing time is therefore proportional to the basal area at stump height. It has not been found that air temperature influences sawing time. At the central workshop the saws were filed so as to change from "summer" teeth to "winter" teeth as soon as the cold set in. The increase in sawing time which could be caused as a result of frozen wood is so small as to be unnoticeable nor has it been found that the depth of snow has any influence on sawing time which is reasonable if snow shovelling around the tree is properly carried out. The same applies for the undercut. The time taken for under-

cutting proved to be proportional to breast height diameter outside bark:

$$y = 0.2621 \cdot D_{1,3} \div 1.76 \qquad (4)$$

Times for felling (sawing and undercut) have been calculated according to formulas (3) and (4) in Table 5, page 520.

Branching. The time taken to branch a tree is dependent on the amount of branches and the size of the branches on the tree. It has been shown that the number of branches, for example expressed as the area of the branch scars in percent of the tree's outside surface area, is strongly correlated to the tree's taper. (See Dr. Klem, Undersøkelser over granvirkets kvalitet, page 230 and 239.) The tree's taper is dependent on the relationship between the height and the breast height diameter. We have chosen to express this relationship with the aid of the relative height and found that the time required for branching increases in inverse proportion to the tree's relative height.

If we take trees of a certain taper it is reasonable to assume that the mean basal area of the branches increases with increase in basal area at breast height. A high breast height diameter has a high mean branch diameter and a low breast height diameter has a low mean branch diameter. We assume further that branching time increases prnportionately with the mean basal area of the branch. This is an approximation. In reality, the time will increase in stages in that one cut will be required to lop off a branch up to a certain dimension, two cuts until the next dimension class is reached, etc. As a result of this branching time is found to increase proportionately with the square of the breast height diameter outside bark or if preferred with basal area outside bark in breast height.

$$y = 0{,}1678 \cdot D_{1,3}^2 + 3{,}6414 \cdot h_r \div 0{,}0503 \cdot D_{1,3} \cdot h_r \div 15.91 \qquad (5)$$

In Tables 5—7 (page 520—522) branching time is calculated in several alternate methods according to the formula. Fig. 16 shows a plane diagram for branching time. It appears that branching time increases with increasing diameter and decreasing relative height. It increases more with decreasing relative height of large than of small dimensions. Moreover

the branching takes longer time with increasing dimension the smaller the relative height.

It has been shown that depth of snow has no influence on branching time. The reason for this is mainly that the cutter has a mat of branches to walk on as he progresses with the branching along the stem of the tree. The lost times which are caused by depth of snow are of such a character that they are included in supplementary time for branching.

Barking. The barking time is dependent mainly on the resistance of the bark to the barking spud, the area of the barked surface and the nature of the surface.

Bark thickness varies with dimension so that this gives at the same time a certain measure of the resistance to barking. We investigated what influence a variation in bark thickness within the dimension classes has on barking time but found no significant correlation. The barking time does not vary noticeably with type of bark.

On the other hand, air temperature is a very important factor for barking time. With decreasing air temperatures the bark becomes harder because the fluid in the bark becomes thicker. It has been shown that the bark becomes tougher at temperatures lower than 0° C.

The following classifications between thawed, tough and frozen bark have been found:

Thawed — tough bark: -3.49 ± 0.17^{0} C
Tough — frozen bark: -8.25 ± 0.18^{0} C

By using air temperature to classify the degree to which the bark is frozen a certain error is made because bark temperature will, as a rule, differ from air temperature. With changes in temperature the bark temperature will react more slowly than air temperature and the extremes will be smaller. This relation between air and bark temperature is discussed in "Värmlands Skogsarbetsstudier: Studier i Skogbrukets Arbetslärä," page 81—103.

We have chosen to use air temperature because it is of more practical use since bark temperature is very difficult to measure. We found the following function for barking time

$$y = 14{,}9961 \cdot D_{1{,}3} + 81{,}0643 \cdot h_r \div 13{,}3450 \cdot T + 0{,}2641 \cdot T^2 \div 0{,}2596 \cdot D_{1{,}3} \cdot T + 1{,}0032 \cdot e_b + 19.28$$

Here $T = 30 + t$ (in order to eliminate negative temperature values for the punch card analysis). If this expression is inserted in the formula we get:

$$y = 7{,}2083 \cdot D_{1{,}3} + 81{,}0643 \cdot h_r + 2{,}4988 \cdot t + 0{,}2641 \cdot t^2 \div 0{,}2596 \cdot D_{1{,}3} \cdot t + 1{,}0032 \cdot e_b \div 143{,}42 \quad (6)$$

The formula applies when temperatures are 0^0 C $\geqslant t \geqslant -16^0$ C.

The barking time for thawed bark and bare ground is arrived at by inserting $t = 0$ and $e_b = 0$ in formula 6.

$$y = 7{,}2083 \cdot D_{1{,}3} + 81{,}0643 \cdot h_r \div 143{,}42 \quad (7)$$

No proof has been found that temperature higher than 0^0 C influence barking time. However trees were not cut during the sap season and it is reasonable to suppose that barking time is somewhat lower than is the case if calculated by formula (7) for thawed bark during sap peeling. It is seen from formula (7) that barking time increases proportionately with breast height diameter over bark if the relative height is kept constant. On the other hand, the bark area of the trees increases more than the breast height diameter for trees with the same relative height, because tree height increases with breast height diameter.

This shows that the barking time is not directly proportional to the bark surface but the bark surface decreases more rapidly than the barking time with decreased dimensions. The barking time per area of bark surface will thus be greater the smaller the dimension. The reason for this can be explained in that the barking spud will remove a narrower strip of bark for each sweep the smaller the dimension because the curve of the stem circumference becomes sharper. The cutter must therefore remove relatively more bark strips per length unit of stem circumference on small than on large dimensions.

As the barking takes longer time per area unit of surfase and as moreover the bark surface area per cubic meter increases with decrease in dimension it will be understood that the barking requires disproportionately long time per cubic meter of small dimensions.

If the diameter is kept constant in formula (7) it is seen that barking time increases proportionately with the relative height because the tree's total log lengths increase proportionately with the relative height for one particular dimension.

It may seem peculiar that barking time also decreases together with the relative height for the lowest relative heights which represent short branchy trees. Here the poor form of the tree with large branch scars strongly hinders barking.

This must be explained by the fact the cutter tried to branch the tree as closely to the stem as possible in order that the barking could be undertaken without too much hindrance. If the branches are big and numerous a large part of the bark will be removed simultaneously with the branching so that the residual bark area will be strongly reduced. For the lowest relative heights the reduced area of residual bark will therefore to a certain extent compensate for the above mentioned difficulties of barking so that barking time will also in this case decrease with decreasing relative height.

In Tables 5—7, page 520—522 the barking time is calculated according to formula 6 in several alternatives.

Fig. 17 shows how barking time varies with dimension and relative height and is constructed according to formula 7. From Fig. 18, which is drawn under the supposition that $h_r = 1.2$ and $e_b = 0$, the variation in barking time with dimension and air temperature is seen. Barking time increases with decreasing temperature and the increase as a result of temperature is greater for large diameters. Moreover barking time increases more with rising dimensions the lower the air temperature.

The material does not refer to air temperatures lower than — 16° C. Forest engineer Gustaf Menzel in his publication "Några resultat från tidsstudier av gagnvirkeshugning", page 30, gives a table which seems to indicate that the barking time will again decrease somewhat for temperatures lower than — 17° C.

Fig. 19 is drawn under the supposition that $t = 5°$ C and $h_r = 1.2$. It indicates that snow depth has little influence on barking time. The same condition applies to barking as to branching that difficulties connected with snow depth are mostly of such a nature that they are included under barking supplementary time. When barking nevertheless is slightly governed by snow depth the reason is that the cutter has no branch mats to walk on while he barks the lower branch stem. Moreover he will sometimes be in a more unfabourable working position when barking with snow on the ground even if he has

a branch mat to walk on because he will often sink down to a position which is low in relation to the log. This plays a more important role for the working position during barking than branching.

Bucking. Bucking time per tree is the sum of the times for bucking the logs with saw and cutting off the top with the axe. It is shown that the sawing time for bucking is approximately proportional with the sawed surface as we found it for felling. One can therefore investigate the influence which the tree's total sawed area has on bucking time, for example, with the help of breast height diameter and number of logs per tree. This would be correct if all cutters followed one particular method of laying off the tree into log lengths.

Instead we have chosen the relative height as an independent variable because we have found a good correlation between this and the number of logs per tree within each dimension. (See Fig. 13, page 420.)

$$y = 2{,}4723 \cdot h_r + 0{,}0228 \cdot D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r \div 4{,}60 \qquad (8)$$

Bucking time is thus proportional to the factor $D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r$ and this factor is an indicator of the total sawed area of the tree. Moreover the bucking time is proportional with the relative height. The reason for this is that on each cross cut place a number of approximate constant times are found, for example, aiming in the saw before sawing takes place. As moreover the average number of logs per tree is roughly proportional to the relative height then the bucking time will also be proportional.

In Tables 5—7, page 520—522 the bucking times are calculated according to the formula and Fig. 20 shows a three dimensional diagram for the variation in bucking times with dimension and relative height.

It is seen that bucking time increases with increasing dimension and relative height. The increase due to dimension is greater with greater relative height and likewise the bucking time increases more with the relative height the greater the dimension.

We have not found that the bucking time is influenced by snow depth within the stand because the difficulties due to snow depth are taken into consideration under bucking supplementary time.

Only bucking of timber is included in the observations on which the function for bucking is based. The time for sawing off damaged wood from the root log, for example root rot, is considered as *culling*. Of the 3004 trees registered for manual cutting work 96 trees had some cull. The average time required for culling is shown in Fig. 21 where the culling times are shown graphically with a smooth curve over breast height diameter outside bark.

Laying off the tree into log lengths. When laying off the tree into log lengths is carried out as a separate moment a two meter long measuring stick is used to measure off log lengths. In the time for laying off the tree into log lengths main time and supplementary time are put together and the elimination of the function gives the following result:

$$y = 0{,}3831 \cdot D_{1{,}3} + 3{,}5114 \cdot h_r \div 5{,}67 \qquad (9)$$

The time for laying off into log lengths increases thus with increasing dimension and relative height. In Tables 5—9, page 520—524 the time for this moment is calculated according to formula (9), where it is shown that the laying off time only takes 2—4 % of the effective working time for the tree. If the wage rates are fixed so that both the cutter and the forest owner are interested in good utilization of the tree it will be correct to carry out the laying off carefully. If this slows down the work somewhat the cutter will nevertheless usually gain in that he will achieve a greater timber volume from the tree and because the time for laying off the tree is only small in relation to the whole cutting time for the tree.

In supplementary times some of the supplementary times of the separate moments are combined:

Felling supplementary time
Branching " "
Barking " "
Bucking " "

The following function is found for supplementary times:

$$y = \div 0{,}0113 \cdot D_{1{,}3}{}^2 + 0{,}0338 \cdot D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r \div 1{,}7762 \cdot e_b + 0{,}1071 \cdot e_b \cdot D_{1{,}3} + 7{,}24 \qquad (10)$$

The function can be changed to apply to the supplementary times for cutting on bare ground by inserting snow depth within the stand to $e_b = 0$:

$$y = \div 0{,}0113 \cdot D_{1{,}3}{}^2 + 0{,}0338 \cdot D_{1{,}3}{}^2 \cdot h_r + 7{,}24 \qquad (11)$$

In Tables 5—7, page 520—522 the times are calculated according to the formula in some alternatives. Fig. 22 which applies to supplementary times for cutting on bare ground shows that the time increases with increasing dimension and relative height. The relative height influences only to a small extent the supplementary times for the small dimensions but this influence is greater with increasing dimension and has a marked effect for the larger tree dimensions. The supplementary times increase more with dimension the greater the tree's relative height. It is remarkable that the supplementary times increase so strongly with increasing relative height or, in other words, if the tree's taper decreases. An explanation could be that one would get longer supplementary times if the trees had a very strong taper, that is, short trees with large branches. When we, in spite of this, find an increase in times with decreasing taper the explanation must be that the log numbers also increase. This in turn will tend to split up the work so that there will be more walking supplementary times and more change of tools which is also classed as supplementary times.

Fig. 23 shows how the supplementary times vary with dimension and depth of snow within the stand for trees with a relative height $h_r = 1.2$ (normal trees).

When breast height diameter outside bark is greater than approximately 15 cm the supplementary times will increase with increased snow depth and the increase will be more pronounced the greater the dimension.

For the smallest dimensions however, the supplementary time wil *de crease* with increased snow depth.

One of the reasons for this is that such small dimensions are difficult to keep in a steady position during the work on bare ground. Thus some extra supplementary time is required to keep the log in position or to fetch it back when it glides away. It is then easier to keep the log in position when there is snow on the ground for work with the axe and barking spud.

If there is much snow on the trees and this snow showers

down during cutting the felling work becomes uncomfortable. Investigations showed that the total supplementary times for average trees ($D_{1,3}$ outside bark = 25 cm) could increase up to 10 % under such conditions.

Other moments. Marking includes the time used to cut in centre marks on the logs. Moment times and supplementary times are treated together so that the time required to walk to the place for marking along the log is calculated in marking time. We have not found that the tree's relative height has any influence on this time. Formula (12) shows the function.

Formula (13) applies to times needed for the collection of tools before the cutter goes to a new tree together with the the cutter's own notations of the volume cut.

It has noe been found that snow depth within the stand has any noticeable effect on any of these moment times. The analysis of the times gives the following results:

$$y = 0{,}4741 \cdot D_{1,3} \div 2{,}63 \qquad (12)$$

$$y = 0{,}1859 \cdot D_{1,3} + 0{,}29 \qquad (13)$$

The percentage proportion of the moments of the effective working time for the tree has been calculated for some conditions in Tables 5—9, page 520—524. It has been assumed that the laying off the tree into log lengths is carried out as a separate moment. It appears from the tables to what great extent the proportion of the times of the working time is dependent on the tree's form, dimension and climatic conditions. Of the moments, barking requires easily the most time and especially for small dimensions with frozen bark. In the latter case the barking takes 65 % of the effective working time for a tree while for large dimensions with thawed bark it is only 36—37 %. Branching also requires a large part of the working time, from approximately 33 % for large trees with many branches and down to approximately 10 % for small dimensions with few branches. While the percentage barking time of total working time increases with decreasing dimension, increasing relative height and decreasing temperature, the opposite is the case for branching. For normal stands of medium dimensions the branching and the barking together require approximately 65 %

of the total working time for thawed bark and on bare ground but over 75 % in deep snow and frozen bark.

Felling time and cross cutting time require a smaller percentage of the time, felling approximately 5—12 % and the cross cutting from 3—9 %. The percentage time for felling and cross cutting increases with increasing diameter.

On the other hand, the percentage contribution of felling time is greater the greater the relative height, while it is the opposite in the case of cross cutting. It is shown further that supplementary times represent roughly equal percentages of the working time as do the felling times. Laying off the tree into log lengths and marking constitute also roughly the same part of total working time, namely approximately from 2—4 %. Reference is made to Table 5—9, page 520—524.

The total cutting time for the tree. The choice of the function type for the separate moments as well as which independent variables should be included in the time functions is, as mentioned formerly, made after studying the diagrams drawn previously on the basis of the computations of mean values of the moment times. (See page 549.)

Those independent variable factors whose influence was doubtful were included in the following numerical elimination. When we had eliminated the functions, the standard error of the regression coefficient (σ_b) was calculated for each independent variable. The time functions for each moment were accepted only if the standard error of the mean of the coefficients conformed to the following:

$$b \geqq 2 \cdot \sigma_b$$

The resulting functions are compared in Table 3, page 516 which shows the calculated coefficients (b) together with their standard errors in percent of the coefficients. Only two coefficients, namely the coefficient for h_r for branching and the coefficient to $D_{1,3}^2$ for supplementary times, were less than 3 σ_b. Both these factors are correlated to the factor $D_{1,3}^2 \cdot h_r$ which is arrived at with very great accuracy in both time functions. There is therefore a possibility that σ_b is somewhat under valued for the coefficient for $D_{1,3}^2 \cdot h_r$ and somewhat over valued for the coefficients for h_r and $D_{1,3}^2$. It proved indeed that the coefficient of correlation (R) became smaller and the standard

error of the mean (S) became greater when the factors h_r and $D_{1,3}$ were left out of the two functions.

The coefficints of all factors are therefore calculated with sufficient margin of certainty and in some cases with very great accuracy.

It is shown in Table 3 that several time functions of moments are dependent on the same factors (independent variables). By summation of the coefficients of these factors a function for the effective cutting time of the tree is obtained. (See Table 4, page 518.)

$$\begin{aligned} y = {} & 8{,}5137 \cdot D_{1,3} + 90{,}6894 \cdot h_r + 0{,}1992 \cdot D_{1,3}^2 \\ & + 0{,}0063 \cdot D_{1,3}^2 \cdot h_r + 2{,}4988 \cdot t + 0{,}2641 \cdot t^2 \\ & \div 0{,}2596 \cdot D_{1,3} \cdot t \div 0{,}7730 \cdot e_b + 0{,}1071 \cdot D_{1,3} \cdot e_b \\ & \div 167{,}82 \end{aligned} \tag{14}$$

If the cutter does not lay off the tree himself or if he lays off simultaneously with the barking by using the barking spud as a measuring stick the function will be:

$$\begin{aligned} y = {} & 8{,}1306 \cdot D_{1,3} + 87{,}1779 \cdot h_r + 0{,}1992 \cdot D_{1,3}^2 \\ & + 0{,}0063 \cdot D_{1,3}^2 \cdot h_r + 2{,}4988 \cdot t + 0{,}2641 \cdot t^2 \\ & \div 0{,}2596 \cdot D_{1,3} \cdot t \div 0{,}7730 \cdot e_b + 0{,}1071 \cdot D_{1,3} \cdot e_b \div 162{,}15 \end{aligned} \tag{15}$$

Both formulas apply for temperatures $t = \leqslant 0^0$ C. The effective cutting time when the bark is thawed is obtained by inserting $t = 0$ in the formulas. The formulas can again be rewritten to apply to cutting time on bare ground by inserting snow depth $e_b = 0$.

The effective cutting time for cutting on bare ground and when the bark is thawed can then be expressed as:

$$\begin{aligned} y = {} & 8{,}5137 \cdot D_{1,3} + 90{,}6894 \cdot h_r + 0{,}1992 \cdot D_{1,3}^2 \\ & + 0{,}0063 \cdot D_{1,3}^2 \cdot h_r \div 167{,}82 \end{aligned} \tag{16}$$

We have thus indirectly arrived at the function for the effective cutting time by summation of the functions for each separate moment. It is therefore of importance to examine whether this complete function (formulas 14 and 15) denotes the effective cutting time in a satisfactory manner. The cutting time is therefore calculated according to the formula for each of the 3004 trees which were investigated for manual

cutting in the field work. The actual time which was used for the cutting of the tree was found as the difference between the time readings at the beginning and the end of the tree cutting. This time is given for each tree.

We will then find a small deviation for each tree between the actual used time (y) and the time calculated according to the formula (y'') which can be expressed as $z = y - y''$.

The coefficient of correlation (R) between the observed and eliminated times is $R = 0{,}8950$. This is a very good correlation. We have found that the standard error $S = 61{,}83$ or 24.67 %. This must be considered as a very good result in view of the fact that the function values are calculated as average for 11 different cutters.

To obtain the total basis time for the tree the time for snow shovelling and walking time to tree must be added to the effective time. The time functions for these moments are given above (see page 550). The functions shown apply to the average cutting times per tree for all cutters. It is of interest to see the degree of deviation of the observations around the basis times per tree for the individual cutters.

We have therefore smoothed the graph curves for basis times per tree for the individual cutters. The results are shown in Figs. 30 and 31, page 459—460 and apply to all trees with thawed bark. Depth of snow within the stand was on the average 5 dm. From the tables one can also see the difference between the individual cutter's basis times and the basis times according to the functions. The percentage difference is given in Table 19, page 531.

On the basis of formulas 1, 2 and 14 we have calculated Tables 10—14. These tables make it possible to calculate the *basis times per tree* for different conditions of dimension, stand and climate. The basic table (Table 10) shows the effective time for the tree for different dimensions and relative heights when the ground is free of snow and the bark is thawed. In Tables 11 and 12 additions to the times in Table 10 can be obtained when temperatures are under 0^0 C and when there is snow within the stand. Tables 13 and 14 give time additions with respect to Tables 10, 11 and 12 for walking time to tree and snow shovelling.

The basis times per tree can be found with the help of these tables. In order to find production time at working place per tree it is necessary that the lost times be added to the basis times.

The necessary lost times are calculated in percent of the basis times. They are comprised of personal lost times and working lost times. The personal lost times are rest, personal needs and pauses for smoking. The working lost times consist of, among other things, discussions with foreman and tool maintenance. As most of the tool maintenance was carried out at the central workshop (se page 548) it here only includes final checking and grinding of axe and barking spud with pocket stone. We have not been able to discover that any of these lost time percentages vary noticeably with stand and dimension conditions, air temperatures, snow conditions or precipitation. Since lost times are expressed in percent of basis times the absolute or total lost times will vary with stand, dimension, temperature and snow conditions. The lost times will in reality only depend on used basis time. As regards precipitation we have not discovered that it affects basis time or lost time to any noticeable degree other than if the precipitation increases over a certain number of millimeters per hour the cutter will refrain from going into the bush (weather time).

The notes made during the field work on these conditions are however too few to draw any definite conclusions. The amount of precipitation necessary before the cutter refrains from going to work will vary greatly with the type of precipitation as well as with the cutter's personal characteristics. The necessary lost times for the investigated cutters are in average figures:

personal lost times	8.22 % of basis time
working lost times	2.86 " " " "
necessary lost times	11.08 % of basis time

In Table 15, page 528 the lost times are calculated separately for each cutter.

Fig. 24 shows the result of a calculation of cutting production

in cubic meters per hour. This applies when the ground is bare and the bark thawed (air temperature $\leqq 0^0$ C).

Walking time to tree is not calculated in this case. Cutting production is then obtained thus:

$$V = \frac{600 \cdot B}{A} \text{ m}^3 \text{ per hour.}$$

where

A = basis time (minus time for walking to tree) plus lost time per tree in $^1/_{10}$ of a minute.
B = wood production in m³ per tree.
V = cutting production in m³ per hour.

From Fig. 24, page 451 is seen to what a large extent the workers' cutting production is dependent on the dimension and height of the trees. Also how incorrect it can be to state the cutting production without at the same time furnishing information on the type of stand and on dimensions.

If climatic considerations are also taken into account an even greater variation in cutting production will be found. In Table 16, page 529 the production time at working place per tree is calculated in several alternatives. Here walking time to tree and snow shovelling are included. It is then shown that production time at working place is mostly influenced by dimension and relative height of the tree and the temperature conditions. Snow depth within the stand also has some influence on the time but to a lesser extent. One sees that the distance between the trees is of little importance for production time at working place per tree where the terrain is fairly level. In Table 17 production time at working place per tree is recalculated to production of cutting in cubic meters per hour. Further reference is made to Tables 16 and 17. Cutting production per day is dependent on cutting production per hour as well as length of production time at working place per day. In Table 18 is shown how this time varies in the course of the cutting season for the present investigation. Production time at working place varied from five hours and four minutes per day in January to seven hours and three minutes per day in April.

PULSE MEASUREMENT

Throughout the cutting season pulse measurements were taken every 14 days or approximately 8.3 % of the investigated working time. The pulse frequency of the investigated cutters was counted for each separate moment. The time study men counted the number of pulse beats at the throat artery for 10 seconds at the end of each moment or at the end of each component of a moment if this was interrupted by one or more other moments.

At the end of the experiments the cutters were examined with a Krogh's dynamometer bicycle. The dynamometer's load was increased step wise in that the pulse frequency was registered with two minute intervals during cycling. As soon as the cutter reached the upper limit of adjustment ability, which is the load where his pulse frequency is no longer constant but increases continually with continued work, the experiment was stopped and continued only after the cutter had rested. The observations by the dynamometer tests were harmonized according to the method of least squares with the help of a regression analysis. It turned out that we obtained a rectilinear correlation between pulse frequency and work per minute so long as the pulse frequency was below the upper limit of adjustment ability:

$$y = b \cdot P + a$$

where y = Power in kilogram meters per minute.

P = number of pulse beats per minute (pulse frequency).

The result of the calculation is summarized in Table 20. It is seen that the correlation coefficients R is very high for all cutters and the standard errors (S) is very small.

We lacked the apparatus necessary to calibrate the cutters. The formulas can therefore not be used to find the energy ratio of the cutters. (For example, expressed in Kg cal. per minute) for work with the individual moments during the cutting work. The reason for this is, among other things, that pulse frequency varies somewhat depending on which muscle groups are used during the work and also with the position during the work.

Other investigations have shown however (Zotterman and

Lundgren 1948) that the pulse frequency of cutters is proportional to the amount of oxygen consumed per minute. Moreover, this amount of oxygen is approximately proportional to the cutters' energy per minute. The last supposition is an approximation but the error involved is very small. (The error can in exceptional cases be a maximum of $\pm$ 3 % but is usually much less.)

We do not make a great error, therefore, by assuming that the cutter's pulse frequency is proportional to his energy turnover per minute as long as the calculation is kept below the cutter's upper limit of adjustment ability.

As the aim of the pulse measurements in this investigation is only to examine the relative difference in the energy turnovers per minute for the different moments under varying conditions a calibrating of the cutters is unecessary because the pulse frequency gives an approximate indication of it. In analysing the results of the pulse measurements one must bear in mind that the cutter's energy turnover per minute alone does not give a comprehensive expression of the strain involved in all cases, for example, as a result of unfavourable working position.

In some moments local muscle pains can arise as a result of "static work" in individual muscle groups, for example, carrying of power saw from tree to tree (underarm pains).

In other moments, for example felling with cross cut saw, the breathing and blood intake to the heart will be hampered so that an oxygen deficiency must be covered after the work with this moment is finished.

The variation of the pulse frequencies with moments appears in Table 21 which applies to the average pulse frequencies for work with trees of normal bark and Table 22 for trees with frozen bark.

In the tables average values and the standard errors of estimate are given for number of pulse beats per minute for the various moments.

First we compare pulse frequencies for the different moments by means of the average values for all the cutters. For cutting of trees with thawed bark (Table 21) the pulse frequency is noticeably greater for felling than for all the other moments. The cross cutting causes noticeably greater pulse frequency

than all moments except felling and barking. On the other hand, there is no significant difference in the pulse frequency values for barking, branching and undercutting. For thawed bark the barking can only be shown with certainty to cause greater pulse frequency than supplementary times and laying off the tree into log lengths. It is further shown that the pulse frequencies are noticeably less for the moments laying off the sree into log lengths, marking and supplementary times than for all the other moments.

When the bark is frozen these conditions become somewhat different (Table 22). There is still a tendency for the felling to cause higher pulse frequency of cutters than is caused by barking but this difference is not significant. The same applies for cross cutting and branching but the difference tendency is here more pronoune than is the case for barking. On the other hand the pulse frequency of the cutters for felling is noticeably greater than for the other moments. There is no significant difference in the pulse frequency for barking, branching and cross cutting, even though there is a tendency for a somewhat higher pulse frequency for cutters during barking. Also for trees with frozen bark, laying off the tree into log lengths, marking and supplementary times cause with certainty a lower pulse frequency than do the other moments.

It may be of interest to examine closer some of the moments. For trees with thawed bark the pulse frequency for felling is 7.4 % higher than the pulse frequency for barking. According to what is mentioned above this corresponds to an energy consumption per minute during felling of 7.4 % greater than during barking. In the previous section it has been shown however, that felling only takes 5—12 % of the whole basis time for a tree when the bark is thawed while, for example, the barking requires 35—65 % of the time. This condition is even more accentuated when the bark is frozen. Then the pulse frequency for felling is only 2.4% greater than the pulse frequency for barking and this difference is not significant.

Table 23 shows the result of some pulse measurements for felling work when this is carried out with power saw as compared to manual work. The measurements apply to Power Universal power saw for a period when the saw was used collectively

by three cutters. The power saw was used consecutively by the three cutters who felled the trees and carried out the other moments for the tree singly.

If we look at the average values for the three cutters it will be seen that the felling with power saw is done with 8.5 % lower pulse frequency than when manual work is used and this difference is significant.

For walking time to tree this relationship is the opposite. The given pulse frequency values apply for bare ground and with 5—15 meters distance between trees. Here the pulse frequency is 7.4 % higher when the cutters carry a power saw with them than when they have ordinary cutting tools. This difference shows that there is a very marked tendency for higher pulse frequency but the difference is not significant.

These pulse measurements apply only to three cutters so that the results must only be taken as examples but they do show that the felling work becomes easier with power saw but it makes walking from tree to tree more difficult than if the work had been done manually. The felling by manual labour must, however, be more strenuous than indicated by differences in pulse frequency because of the unfavourable working position when the sawing is carried out by hand saws as we have mentioned above.

It can be seen from Tables 21 and 22 that the cutters had a relatively high pulse frequency during cross cutting. This work was carried out by one man cross cut saw (Bredby hand saw). The cross cutting would probably have been easier if carried out with steel frame saw (of Norwegian type). These factors are not investigated in this connection.

It turned out that *the different cutters* worked with very different pulse frequencies for the same moments during the cutting work (Tables 21 and 22). There is significant difference of pulse frequency for several cutters for most of the moments. The reason for this is, among other things, the cutters' age and training, their work technique, as well as the speed with which they worked during the cutting.

In this connection it should be stressed that the pulse frequencies in Table 21 (thawed bark) must not be compared with corresponding values in Table 22 (frozen bark). The

reason is that cutters usually are in better training as the cutting season progresses. As the pulse frequencies in the two tables refer to different parts of the cutting season the difference in pulse frequency values is caused not only by changed cutting conditions but also by the physical condition of the cutters. It is, for example, noteworthy that cutters 2, 3 and 8 on the average worked with lower pulse frequencies when the bark was frozen than when it was thawed. Trees with frozen bark were registered in the course of the middle of the cutting season whereas trees with thawed bark were registered either in the beginning or at the end of the operating season. For cutters 3 and 8 there are only a few pulse observations in the last part, of the season so that pulse measurements during work with thawed bark mainly refer to the first part of the cutting season. The lower pulse frequency is especially pronounced for cutter number 3 who was a very active cross country runner and carried out systematic ski training. For these two cutters the better physical condition is probably the main reason for the lower pulse frequency level when the bark is frozen. Cutter number 2, on the other hand, consciously reduced his working speed when climatic conditions were unfavourable and this was the main reason for the difference in his pulse frequency level.

It should be of interest to compare some of the cutters as regards their pulse frequency level during the work (Table 21), cutting production (Table 19), lost times (Table 15), as well as pulse level from the dynamometer bicycle experiments (Table 20). The comparison applies to cutting of trees with thawed bark.

Cutters number 2 and 3. Of the cutters investigated, number 3 obtained the greatest production per hour of basis time while cutter number 2 had the least cutting production. They used approximately equal rest pauses. Cutter number 3 was, as is previously mentioned, a ski runner and trained methodically the whole season, while cutter number 2 did not take part in any sports.

During the cutting, number 3 worked with a steady relatively high speed and had a very good working technique. He rested often but only for a short time and carried sugar water with him which he drank during rest pauses between meal times.

Cutter number 2, on the other hand, worked with a relatively slow speed but had also a good working technique. He used approximately the same time for rest pauses as cutter number 3 but they were of longer duration each time and therefore spaced farther apart. During the pauses the cutter smoked a pipe.

Cutter number 2 worked with a lower pulse frequency level than cutter number 3 and the difference between the pulse frequencies of the two cutters is significant for most of the moments inspite of the fact that cutter number 3 was in a better training condition. This greater effort made by cutter number 3 in his work, together with his good physical condition, is probably the reason for the great difference in the cutting production per basis hours of the two cutters.

Cutters number 7 and 8 used approximately the same basis time for cutting the trees and approximately equally long rest pauses but cutter number 7 worked with a much higher pulse frequency level than cutter number 8 and the difference is significant for all moments. Cutter number 7 must therefore have worked with a greater energy turnover per minute in order to obtain the same work result as cutter number 8. This indicates that cutter number 8 was in better training condition than cutter number 7, a fact which also is seen from the dynamometer tests (Table 20).

For cutters number 13 and 14 there is little difference in the production obtained per basis time. Cutter number 13 had however a slightly higher production than number 14. There is a marked tendency of cutter number 13 working with a higher pulse frequency in all moments than number 14 but the difference is not significant. On the other hand, cutter number 13 was in better training condition than cutter number 14. The reason why cutter number 13 worked with a higher pulse frequency level is partly explained by the fact that his working tecknique was poorer. Furthermore, he took time out for few rest pauses between meal times, worked energetically and wore himself out more than cutter number 14.

The influence of dimension. In Table 24 the results are shown of a calculation for trees with thawed bark in order to investigate if the work increases in difficulty with dimension.

It turned out that there is a tendency for the cutters'

pulse frequency to increase during work of the moments, undercut, branching and barking when comparing small and large dimensions but this increase is significant only in the case of the undercut. This tendency of increase for these moments is reasonable.

The average branch thickness is greater for large than for small tree so that the cutter must put more force into each cut when branching the larger dimensions. A similar reasoning is applicable in the case of the undercut. When the trees are large the undercut must be made larger than when the dimensions are small so the cutter must put more force into the cutting.

During barking the cutter must use more force in each swing of the barking spud in order to overcome the bark resistance the larger the diameter. The reason for this is partly that the bark thickness increases with dimension and partly that the cutter must remove a broader bark strip on large than on small dimensions. Both these factors contribute towards increasing the bark resistance with increasing tree dimension.

It is further seen from Table 24 that there is no difference in the cutters' pulse frequencies for breast height diameters of 15—25 cm over bark with respect to cross cutting. For larger dimensions there is a tendency for the pulse frequency to increase but this increase is not significant. The reason for this tendency is presumably that there is more jamning during the cutting of the larger trees. If a frame saw had been used instead of a cross cut saw it is probable that no increase as a result of jamning would have been found, so long as the dimension did not become so great that the frame saw could not be used, because the saw blade can be adjusted to keep the jamning down to a minimum.

For the moments laying off the tree into log lengths, marking and supplementary times there is no tendency for the pulse frequency level to change with dimension. The same applies to felling. The resistance during sawing increases only slightly with dimension if the cutter changes the saw's direction during cutting so that the saw teeth only work on a part of the saw kerf's base. Moreover, it is the unfavourable work position that is one of the reasons for the relatively large strain of sawing for

the cutter and the work position will be the same whether dimension is large or small.

FELLING AND BUCKING WITH POWER SAW

In connection with the present analysis of cutting work the following power saws were tried for the moments felling and bucking to see what influence they have on the cutting result.

Timberhog (Reed Prentice).

Precision.

Power Universal.

Timberhog was used the whole time as a two-man saw Precision was used mostly as a two-man saw and for shorter periods as a one-man saw. Power Universal was used as a one-man saw the whole time.

A Norwegian experimental model of a power saw, Jobu Prototyp, was also included in the investigations because it showed some good qualities.

All designers and others interested had full opportunity to follow developments during the field work and this opportunity was made use of, among other things, by the constructors of the provisional experimental model (Jobu Prototype). They succeeded therefore in manufacturing a light and strong power saw, Jobu, which was included in the latter part of the investigations.

The five power saws in the experiments are shown in figs. 4—8, page 404—408 and on page 407 some further details describing them are given.

The separate Moments.

In order to find the factors which had a noticeable effect on the moment times the same method was used as is described on page 549.

When we had chosen the factors which should be included the time study material was harmonized graphically with the help of the average times within each of the classes into which the material was divided.

The harmonized curves of the graphs are based on the following material:

Power Saw	Felling	Bucking	
	No. of trees	No. of trees	No. of logs
Jobu Prototype	503	184	587
Jobu	290	195	535
Power Universal	845	175	497
Timberhog	1 600	—	—
Precision	905	—	—
Total ..	4 143	554	1 619

Sawing. It turned out that the sawing time is proportional with the square of the breast height diameter. This means that the sawing time also for the power saws is proportional with the cross cut stump surface. (Se page 552.) We can find the stump surface when the breast height diameter and the stump quotient $K = \frac{D_{st}}{D_{1,3}}$ is known.

We have found the following stump quotients for the different power saws:

(Jobu Prototype): $K = 1.230 \pm 0.008$
Jobu $K = 1.241 \pm 0.011$
Power Universal $K = 1.217 \pm 0.005$
Timberhog $K = 1.222 \pm 0.005$
Precision $K = 1.198 \pm 0.004$
Cross Cut Saw $K = 1.209 \pm 0.001$

The stump quotient is a measure of the stump height for the different power saws in relation to manual labour, in that the stump height is lower the lower the stump quotient.

By comparing the different stump quotients it is seen that there is no significant difference in stump quotients either for power saw or cross cut saw felling. There is, however, a tendency towards lower stumps for all power saws (except Precision) than for manual work.

This is caused partly because it is difficult to reach down

with the saw frame as it takes up more space and is more liable to be affected by small terrain variations near the tree stem than the blade the power saw.

The smoothed surves (Fig. 34, page 475) can be denoted by the following formulas which give sawing time in $^1/_{10}$ of a minute:

(Jobu Prototype)	$y = 0.0131 \cdot D_{1,3}^2 + 0.98$
Jobu	$y = 0.0078 \cdot D_{1,3}^2 \div 0.01$
Power Universal	$y = 0.0157 \cdot D_{1,3}^2 + 0.00$
Timberhog	$y = 0.0048 \cdot D_{1,3}^2 + 1.20$
Precision	$y = 0.0160 \cdot D_{1,3}^2 + 0.00$

The temperature has a certain influence on sawing speed. The lower the temperature the longer the sawing will take. Figs. 35—38 show the smoothed curves for sawing time of different dimensions when the air temperature is $\gtrless 0^0$ C $\div 5^0$ C and $\div 10^0$ C.

It is of interest to see what effect the blade length has when dimension is large. This condition was studied during the time when the Jobu Prototype had mounted on it a 30 cm long blade. It is mentioned above that sawing time is proportional to the cross sectional area of the felling out. The sawing time can thus be found with the help of a function of the following type:

$$y = b \cdot D_{1,3}^2 + a$$

If we smooth the sawing times over the square of the breast height diameter this will therefore be a straight line.

Fig. 39 shows sawing times for felling with Jobu Prototype smoothed over $D_{1,3}^2$. It will be seen that there is a break on the curve at $D_{1,3} \approx 1080$ cm o/b, which corresponds to $D_{1,3} \approx 32.9$ cm o/b.

When the stump quotient is 1.23 then the stump diameter with bark is approximately 42.5 cm. The sawing takes longer time per surface area of stump for larger stump diameters than approximately 42.5 cm o/b.

The reason for this can be seen from fig. 40. The drawings a, b and c show the movement of the blade through the stump cut when the dimension is large. If we suppose that the saw cut and the wood between the sawcut and the undercut, keeping

the tree to the stump at the moment when the tree is about to fall, are together equal to approximately 12.5 cm then the felling method shown can be used for stump diameters less than 42.5 cm. For dimensions larger than this the tree must be cut down from two opposite sides. Thereby one can fell trees which have a stump cross sectional area up to double the blade length. As the sawing time increases disproportionately greatly for such a working technique it would be better to change over to a longer blade if a large partion of the marked trees have a greater stump diameter.

In order that the saw's cutting speed shall not be reduced the blade length must be just as great as the stump cross sectional area with bark minus the depth of the felling cut, but as the saw becomes clumsier to handle the longer the blade is, one should not go by the largest dimension of the trees to be cut if these only occur sporadically but rather cut these trees from two sides.

The breadth of the blade should be as narrow as possible in order to achieve good control over the direction in which the tree is felled by using wedges in the saw cut. If the blade is broad it will often, especially in strong wind, be correct to start the sawing before the undercut is made so that the greatest possible stump area binds the tree to the stump during the sawing. Thus one can saw in further before the tree starts jamming and therefore obtain room for the wedge. Only when the wedge is driven in will the fell cut be made while the saw rests on its blade in the saw kerf.

By interchanging the saw's blade with a saw frame, the saw blade itself will be so narrow as to dispell difficulties in driving in wedges.

Precision was used as a one-man saw in one period during which 194 trees were felled with the saw. The bark of these trees was thawed during this experiment. In Fig. 41 are shown the smooth curves for sawing time when Precision was used as a two-man saw. Further, the average sawing times are shown by diameter classes when one man used the saw. It is seen that the cutting speed does not change noticeably whether one or two men work the saw.

The undercut was carried out with an axe by the power

saw man when one-man saws were used and by the helper for two-man saws. The cutter must, in any event, carry an axe to clean away the brush around the tree and to drive in the wedge and the change in work resulting from using the axe for the undercut is physiologically to be recommended.

For two-man saws both the cutters acted as power saw operators in turn in order to obtain change in the work.

In fig. 42 are drawn the average times for undercut by diameter classes for felling with power saw and cross cut saw. The comparison applies to cutters 1, 6, 10, 11 and 16. It is seen that the undercut takes equally long whether it is carried out before felling with power saw or cross cut saw.

Felling supplementary times. Fig. 43 shows the average supplementary times for one and two-man power saws. It is seen that the supplementary times are little dependent on the type of power saw used for the felling. There is, however, a tendency to longer supplementary times for smaller dimensions for one-man saws. This tendency is very small so that we have chosen to combine the supplementary times for both types of saw.

The average supplementary times for the felling are therefore calculated by diameter classes in the case of all power saw operators. The calculation is made in two alternatives depending on whether the power saw operator had a power or a cross cut saw for the felling. In fig. 44 are shown the graphical smoothed curves on the basis of average values.

As mentioned, the Precision saw was used partly as a one-man saw. As this saw weighs 24.8 kg fully mounted it is much too heavy to be worked by one man.

While the sawing speed did not noticeably change when this saw was used by one or two men we found that the supplementary times for felling were practically doubled. The graphical smoothed curves in this case are seen in fig. 46. The smoothed curves for supplementary times can be denoted with the help of the following formulas which express the time used in $^1/_{10}$ of a minute.

Manual work	$y = 0.440 \cdot D_{1,3} \div 2.30$
Power saws	$y = 0.300 \cdot D_{1,3} \div 0.80$
Precision used as one-man saw	$y = 0.645 \cdot D_{1,3} \div 3.84$

Bucking. One-man power saws were used for cross cutting only during a part of the investigated cutting season. This material refers to cutting of slope stands of good form where the trees' relative heights vary mostly from 1.2 to 1.4. It turned out that the cutters used a relatively uniform method of laying off the trees into log lengths in these stands so that on the average two logs per tree were taken out for the dimensions smaller than $D_{1,3} = 20.0$ cm o/b. When $D_{1,3}$ o/b was between 20.0 cm and 31.6 cm it was found that three logs per tree were taken out and for still larger dimensions four logs per tree.

Bucking time applies to bucking of all logs with power saw plus cutting off the top with an axe. The average bucking times were calculated by diameter classes and plotted in a diagram with $D_{1,3}^2$ on the abscissa. It turned out that we obtained a very good smoothed curve of the mean values for each power saw by means of a straight line. The curve has two breaking points, one at $D_{1,3}^2 = 400$ cm^2 ($D_{1,3} = 20.0$ cm o/b) and one at $D_{1,3}^2 = 999$ cm^2 ($D_{1,3} = 31.6$ cm o/b) in that the straight line has a greater angle coefficient the more number of logs the tree was divided into.

This is in reality an approximation. It would have been more correct to sort the material in relation to the number of logs per tree. By smoothing we would then have obtained a curve for each number of logs per tree with little change in angle coefficient while the constant increase would have been greater the more logs there were in the tree. As the material is insufficient for such curve smoothing, especially at the upper and lower dimension limits for each specific number of logs per tree we have chosen the approximate method. The error thus obtained is, however, partly eliminated when the aim is to compare power saw with manual bucking by using the same method for calculating cross cutting time with a hand saw.

Fig. 51 shows the results of the curve smoothing.

Bucking supplementary time. The material on which the smoothed basis times and supplementary times for cross cutting with power saw are based was collected in the spring period when the depth of snow within the stand varied from 0 dm to 3 dm. Some time study notations for bucking (Power and Jobu

Prototype) were also made while the snow depths within the stand were up to 14—15 dm.

It turned out depth of snow did not noticeably influence supplementary times for bucking when it was lower than 3—4 dm. For greater snow depths supplementary times show great increase.

When a hand saw is used for cross cutting the influence of snow depth on supplementary times is very small. In this case the cross cutting is carried out for one tree at a time so that the cutter has a branch mat to walk on. For cross cutting by power saw the cutter must often walk at right angles to the tree's direction because he usually cross cuts several trees in series. Thus he will come out on loose snow not covered with branches from the branched trees and it becomes difficult to walk.

The average cross cutting times are computed by diameter classes for all cutters who used both one-man power saw and cross cut saw for bucking during the time when snow depth was 0—3 dm within the stand (cutters nomber 1, 3, 4, 5, 10 and 11).

Fig. 52 shows the result of the smoothed curves. It is seen that supplementary times for bucking are greater when power saws are used than for manual labour because there will be more walking supplementary time when the bucking is done by power saw. When the bucking is done by cross cut saw the planning of the work becomes more simple and the cutter only has short walking times along the tree.

Walking time to tree. When the terrain is smooth the time required to walk from tree to tree for felling with power saw is dependent on the distance between trees and on snow depth within the stand. On bare ground the walking time form tree to tree is approximately the same when the cutters carry with them a two-man saw as for manual labour (Fig. 53). When there is snow on the ground the walking time increases greatly and it takes longer time than for manual labour which fact is reasonable since it is very strenuous to carry a heavy saw from tree to tree in heavy snow.

When the cutter carries a one-man saw there is little increase in walking time if the snow depth increases to approxi-

mately 4 dm (Fig. 54). For greater snow depths the walking time increases greatly. On bare ground, as well as when there is snow, the walking time is greater when one-man power saw is used than for manual labour.

Snow shovelling. The time required to shovel away the snow from the tree so that the cutter can fell with a low stump is dependent on the tree's dimension and the depth of snow around the tree. There is a tendency for the snow shovelling to take slightly longer time when the felling is done by two-man power saw. Our material shows an increase of 2.2 % in snow shoveling time for two-man saws compared to the time for one-man saw. This tendency is investigated more thoroughly by a variation analysis which shows that the difference is by no means significant.

The snow shovelling time is therefore calculated as an average for all power saws within each class of snow depth. In Fig. 58 these average values are drawn in on a diagram together with the snow shovelling time for manual work. (See page 494.) It turns out that there is little difference between snow shovelling time for manual felling and felling with power saw. It is therefore sufficiently accurate to use formula 2, page 551 to calculate snow shovelling time also for felling with power saw.

Basis Time and Production Time at Working Place for the Tree.

By summation of the separate moment times one can find the total basis time for the power saw work connected with the tree. In Tables 25 and 26 the moment times are summarized by diameter classes for felling and cross cutting. Tables 27 and 28 show walking times to tree and Table 11 shows snow shovelling times applicable to power saws as well as manual labour. In order to find the production time at working place for the tree the lost times must be added to the basis times. The *working lost times* are calculated in percent of basis time:

Working lost time for one-man power saws = 3.19 % of basis t.
" " " " two-man " " = 5.41 % —"—

Personal lost times varied somewhat for different cutters using the saws but did not vary appreciably with type of power saw. On the average for the whole material we found that

personal lost times represent 14.36 % of the basis time for the power saws.

It turned out that these lost times were somewhat lower than the personal lost times for felling with cross cut saws and the difference was somewhat greater for large than for small dimensions. (In the case of Power Universal this *difference* varied between 0 % and 14 % for the dimensions 12—40 cm o/b calculated *in relation to the personal lost times for felling with cross cut saw).*

The normal motor lost times are also calculated in percent of the basis time. It will be seen from Table 29 that this percentage varies for the different power saws. In these times are included, among other things, gas and oil filling, changing of chain and starting the motor, which vary little with power saw type. A saw which works quickly will therefore have a greater percentage of normal motor lost times than one which has smaller sawing speed. It therefore turns out that we obtain relatively little difference in the normal motor lost times for the investigated power saws if the times are calculated on the basis of the saws' basis times for the tree and the lost time percentages. Results of such a calculation are shown in Table 30.

The abnormal lost times (se Table 29, page 539) are given in percent of production time at working place and include times for maintenance and minor repairs of power saws. As this investigation only refers to one single operating season the quoted figures must only be taken as examples of the order of these times. It is seen that maintenance and minor repairs take approximately 7—9 % of the whole production time at working place.

A record was kept of the gasoline used during felling for some of the power saws:

(Jobu Prototype)	0.163	litre per m^3
Power Universal	0.158	" " "
Timberhog	0.165	" " "

The gas consumption is therefore one litre to fell approximately $6\frac{1}{4}$ cubic meters of timber. In the gas consumption is included gas spilled, for example, for cleaning during maintenance of the saws.

Table 31, page 540 shows *production times at working place per tree for felling* with power saws in that all necessary lost times, with the exception of abnormal motor lost times, are added to the basis time. The times in the table apply to cutting on bare ground but walking to tree is not included. One can correct the times so as to also include walking to tree for different distances between trees with the aid of Tables 27 and 28 and to include snow shovelling with the aid of Table 14. In the case of two-man saws one must add the double walking times because there are two men who carry the saw from tree to tree.

The percentage of the walking times in relation to basis time for the duration that the power saws were in use during the investigation is very small:

(Jobu Prototype)	11.4 %
Jobu	11,0 "
Power	12,3 "
Timberhog	15.8 "
Precision	10.2 "

Naturally this percentage varies with dimension and distance between trees and can be calculated if required with the aid of Tables 25, 27 and 28.

In Table 31 is also calculated the saving in time per tree for felling with power saw in relation to manual work. The saving is expressed in $^1/_{10}$ of a minute and in percent of the time taken for felling with cross cut saw. The percentage saving increases greatly with dimension.

It takes less time to fell with one-man power saw than with crose cut saw. Of the investigated power saws Jobu shows up best with a saving of 28—56 % in comparison to felling with cross cut saw. In Table 32 are calculated production time at working place for bucking in absolute and relative saving in relation to bucking with cross cut saw.

Production times at working place for felling and bucking with one-man saw is seen in Table 33. Walking times to tree and snow shovelling times are not included but one can obtain the increase in time resulting from these moments with the help of Tables 27 and 14 for different distances between trees and for different snow depths.

When Jobu is used for felling and bucking a saving is obtained in relation to felling and cross cutting with hand saw of up to 44 % when the breast height diameter o/b of the trees is 40 cm. The same saving for Power Universal is approximately 37 %.

When the breast height diameters of the trees are over 17—21 cm c/b one can obtain the maximum increase in cutting production for one-man power saw when it is used both for felling and bucking. For smaller dimensions the increase will be greatest if the saws are used for felling only while the bucking is done with frame saw. The economic comparison will be referred to later.

It is of interest to examine more closely the increase in the total cutting production which this saving in time will bring about. Results of such a computation are summarized in Table 34 when the felling is carried out by the power saws Jobu, Power or Timberhog and in Table 35 when the felling and bucking are carried out by the power saws Jobu or Power Universal. The computation applies to cutting of barked timber on bare ground and with thawed bark. In the table the percentage increase in cutting production is given in relation to manual work.

It will be seen that the increase is very small in the case of the Timberhog saw. For trees with breast height diameters up to approximately 29 cm the cutting production is greater for cross cut saws and this result is even more unfavourable when the economics of the logging operation are considered. Under ordinary Norwegian forest conditions it will therefore not pay to use two-man power saws. Only when the dimensions are especially large and hard tree species are cut can two-man saws be considered and then the saw must work with greater cutting speed than is the case with the Timberhog.

When the one-man saws are used for felling and bucking a quite considerable increase in cutting production can be obtained. (5—11 % for breast height diameters from 20—40 cm in the case of Jobu.) It turned out that the distance between trees has relatively little influence on increase in cutting production but it plays a greater role for two-man saws than for one-man saws and for small than for large dimensions.

The forest type has a certain effect on the increase of production. The smaller the relative height of the tree the greater will be the increase, mostly because the felling represents a largee part of the cutting work for short trees than for long slope trees.

When there is snow on the ground and in cold weather the increase in cutting production will be less than is shown in Tables 31 and 32. It is therefore important to complete the greater part of the timber cutting during the fall and spring periods when the ground is bare and the bark thawed, in order to obtain the greatest possible increase in production by means of the power saw. In this connection it should be mentioned that by solving the barking problem one would obtain not only a production increase through saving of barking time but because simultaneously the influence of the power saw on the work results will be much more pronounced.

Crew Organization.

It is of great importance to plan the work so that a smooth even work procedure with little lost time because of poor organization can be obtained. For manual work this is fairly easy to carry out because the cutter only needs to consider himself and his own tools when he works alone on a cutting strip. The same applies when he uses a one-man power saw alone. However, the power saw should usually be working for one cutting crew, in order that more cutters can gain advantage from it and because it is not economical for the saw to be used by one man for cutting of barked timber.

On the other hand the planning of the work will be more difficult when the cutters work in crews and the cutting results thus depend much on the cutters' ability to work together. The crew organization can be such that one power saw operator does the felling for a working crew. The cutting area should then be divided in parallel strips which should not be broad in order to avoid lenthy walking time for the power saw operator. We tried 30 and 15 meter broad stripes so that each crew man had a separate strip during the cutting work. For normal densities of marked timber in even aged stands 15—20 meter broad strips will probably be the most suitable.

For the power saw to be used to full advantage so that it is in rest as little as possible this crew organization will entail very large crews. We tried crews of up to 14 workers and the saw's capacity was still not fully utilized. One can easily calculate theoretically how large the crews must be to utilize the power saw fully but this is of little interest because of the many weaknesses of this crew organization. (One such calculation has been made by Carpelan, 1948, for the two-man saw Mall.)

We have carried out a comparison of assortment times when the felling was conducted by the crew workers themselves and by a power saw operator. The comparison is made for trees of branch class 3 (see page 419) and applies to cutters 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 13, 14, and 15. It turned out that there was an increase in *assortment times* per tree of approximately 10 % when the felling was conducted by a power saw operator.

We have investigated how the increase in assortment times varies within different temperature ranges:

Temperature	$\leqslant$ 0° C	2 %	increase
"	÷ 10 to ÷ 4°C	7.9 "	"
"	÷ 5° to ÷ 8°C	11.0 "	"
"	÷ 9° to ÷ 12°C	15.2 "	"

When the temperature is $\leqslant$ 0° C there is, in other words, relatively little difference in assortiment times whether the trees are felled by power saw operator or the cutters themselves On the other hand, the difference is very great at low air temperatures.

It is surprising that there is an *increase in assortment times* when the felling is done by a special saw operator. One would expect that the energy saving which is doubtless present should result in greater production of the other moments when the cutter is relieved of the heaviest moment, work, namely the felling. It seems, however, that lost time on account of the cumbersome crew organization accounts for this part of the production increase.

The reasons can be mainly summarized in the following points:

1. The motor saw operator, as well as the cutter, must go to each tree to be cut. We find the greatest time losses when the temperature is low because this coincides with winter time when there is snow on the ground and it is more difficult to walk.
2. For large creus it is difficult for the power saw operator to keep all the cutters evenly at work with felles trees. There will be some waiting time for the crew. Especially is this the case during the winter season when the weather is cold and snow falls are liable at any time and therefore felled trees should not lie in whole lengths overnight in the forest.
3. The power saw operator must fell many trees on each locality. The felled trees will therefore be concentrated on the ground and the neighbouring branches and stems will hinder the work, among other thing, of branching, barking and cross cutting of the separate tree.

When the cutting work is conducted by a power saw operator and crew workers it is of great importance to plan the work so that the above mentioned difficulties can be avoided as far as possible. Primarily it is essential that the working crews are shall so that the power saw operator can more easily keep ahead of the crew workers with felled trees. Under Norwegian forest conditions with small stand units and changing topography it is difficult to find cutting areas large enough to keep all cutters with work on the same locality if the power saw's capacity is to be utilized fully. For this reason also it is important to have small crews in the work organization.

We shall return later to a description of how the writting off and interest costs er cubic meter on the power saws are very small in relation to the cost entailed by the cutters wages. (See page 589.) It costs more if a cutter's work potential is not effectively utilized than if the power saw is not used during a corresponding period.

During the planning of the work it is therefore correct to concentrate on the fact that the time lost for the cutters and power saw operators shall be reduced to a minimum even if this to some extent entails poorer utilization of the power saw.

This can be achieved by the power saw operator felling and perhaps bucking for a smaller crew 4—8 workers. In the time he is not busy with felling or bucking for the crew he should work on a cutting strip of his own at the side of the crews' strips. Here he fells and cross cuts with the power saw and does the other moments manually. In this manner the power saw operator's work capacity will be utilized in an optimum manner for cutting production and he will achieve a physiologically favourable change in the work because monotonous use of the power saw the whole day is very strenuous. Moreover, he will thus the whole time be near the crew workers and will have good contact with them. He can fell trees for them regularly without felling too many at each place but rather return more often. This crew organization requires that one of the cutters is responsible for the power saw and operates it the whole time. In this manner one is assured that the power saw operators have an interest in and an ability to look after the power saw and these men could then receive proper tool maintenance and work technique training. The rest of the crew workers should not be allowed to use the power saw.

It is therefore of interest to examine more closely what the influence is on the assortment times if each cutter in the crew uses a power saw in turn for felling and perhaps cross cutting trees. If the crew is composed of mechanically minded men each will achieve favourable changes in the work. Each of the cutters can fell the trees in a manner best suited to him and can avoid having to wait for the power saw operator.

The crew organization was investigated with one-man power saw for cutters 1, 3, 4, 5, 6 and 10. The investigation comprised 668 trees in all.

Each of the cutters used the saw alone or together with two other cutters. In both cases the cutters each felled and bucked the trees with the power saw while the other phases of the work were carried out manually. There was a tendency towards shorter assortment times in the case of all the investigated cutters when the felling and cross cutting were done by power saw instead of cross cut saw. On the average, *assortment times*, except bucking times, took 4.20 % shorter time per tree.

The difference is illustrated in an analysing of variation

where the factors work method and diameter class are included. By comparing the mean square of error with the mean square for work method we find:

$$F = \frac{16725}{3979} = 4.20 \text{ with degrees of freedom: } \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{656}$$

The variation quotient is greater than the F value which corresponds to $P = 0.05$ but less than the F value corresponding to $P = 0.01$. The difference in assortment times, except bucking times, for the two work methods is therefore considered significant.

The reason for this part of the production increase is partly due to the fact that felling with power saw is less energy consuming on the cutter than felling with hand saw. Moreover, the cutter works up an oxygen deficit when he does the felling with hand saw on account of the unfavourable working position. When he uses a power saw for the felling he can therefore keep a faster speed in the beginning of the work on the other phases of cutting because he has no oxygen deficit which has to be made up in this case.

The greatest production increase in assortment work, except bucking times, is obtained when one man works alone with the power saw. (See fig. 59.) If tree cutters use the saw together and each uses a 15 meter broad cutting strip there will be some lost time when the cutter must fetch the power saw from the nieghbouring strip. The tendency for shorter assortment times, except bucking time, will then be very small when the felling and bucking are done by power saw. (Se fig. 60.) This condition can, as mentioned above, be improved upon if the cutters in the crew work well together and cut side by side on one and the same cutting strip.

We can thus summarize the reasons for the greater cutting production by using a power saw for the felling and bucking in the following points:

1. The power saw has greater cutting speed than the hand saw. There will be a greater production increase if the one-man power saw is used for the felling and bucking when the breast height diameters of the trees are greater

than 17—21 cm o/b. When the dimensions are less the power saw should be used only for the felling.

2. A certain production increase can be obtained for physiological reaons. This tendency is not of very great importance and is dependent on the crew organization. If the work is planned so that the work procedure is cumbersome the time lost because of long walking time and waiting time can eliminate this production increase even if the work technique during felling and bucking is good.
3. In some cases, especially in the transition period while the power saw is being initiated into logging operations, one can note a greater production increase than the power saw's work speed or physiological reasons would warrant. Such an increase can be found if the cutter's production, before he had a knowledge of power saws, is compared with his cutting production after he has learnt to use it in the rational way. Production increase would in this case, among other things, be the result of the cutter's new outlook towards his work in that he attains greater pleasure in working and will have a greater will to efficient work with the help of the power saw. We must not neglect, however, to remember that many of our cutters also had this positive outlook towards their work previously. Moreover, such a positive outlook can be obtained also by other means, for example, by good training courses.

When the power saw becomes commonly used in logging operations and when all cutters take part in training courses this psychological cause of production increase may become less noticeable even if the power saw today in the transition period is one of several reasons for it. It would be incorrect to take this systematic error into consideration for cost calculations or as a basis for wage rate setting when the power saw is used for timber cutting.

Economic Calculations for Power Saws.

In order that timber cutters may profit by using power saws they must at least achieve a sufficiently large production increase to compensate for the gasoline and oil costs, interest

payment and write-off, as well as maintenance costs of the power saw. It is justifiable to use the power saw even if the extra earning only just cover these cost items because the felling work especially will be easier.

The calculation is conducted for the Jobu power saw. We make it a condition that the saw is used by all cutters in their working crew of three men for felling and bucking or that one power saw operator does the felling and bucking for a working crew of five men. In the latter case the power saw operator has a cutting strip parallel to the strips of the crew workers where he himself carries out all cutting phases of the tree during the time he is not actively employed in felling and bucking for the rest of the crew.

When three men use the power together a 4.20 % increase in production is added to the assortment times, except bucking. (Physiological production increase see page 588.) The calculation is made in the following alternatives:

Relative height of trees $(h_r) = 0.8$ and 1.4
Distance between trees $(g) = 4$ m. and 8 m
Air temperature $(t) = 0^0$ C bare ground
" " $= 0^0$ C 4 dm snow depth (e_b)

Operational costs. The cutter's piece rate is assumed to be 25 kroner per day for manual work. Expenses for gasoline and oil are calculated to be 8 öre per cubic meter.

Overhead costs. The non normal lost times (time for maintenance and minor repairs of the power saw) are 8 % of the production time at working place. In addition to this a sum of 150 kroner per year is calculated for spare parts and yearly maintenance. The costs are reduced to apply per cubic meter in that we have assumed 150 working days in the year and 7 hours production time at working place per day for the working crew.

To calculate the costs involved for interest and write-offs, the following facts are assumed:

Cost price of power saw $A = 1675$ kroner
Life of power saw $B = 3600$ production hours at working place
Interest rate $p = 3.5$ %.

A 50 % value depreciation is calculated with, which on the average equals 10 % annually (v), because the life of the saw is set at 5 years.

The annual costs of interest and write-offs of the power saw are calculated according to the formula:

$$a = A \cdot \frac{1.0\,p^n \cdot 0.0\,p}{1.0\,p^n \div 1}$$

The length of the depreciation period (n) is dependent on how long the saw is in action per year (q) and will therefore vary with the dimensions of the trees and for the different alternatives. It is found thus:

$$\text{Writing-off for wear and tear: } S = \frac{A \cdot q}{B}$$

$$\text{Writing-off for deprecation: } V = \frac{A \cdot v}{100}$$

$$n = \frac{A}{S + V} = \frac{100\,B}{100 \cdot q + B \cdot v}$$

$$\text{o : } n = \frac{3600}{q + 360}$$

Tables 36 and 37 (page 545—546) show some examples of the percentage distribution of the different cost items of cutting of barked timber when the felling and cross cutting are carried out by power saw. The cutters' wages represent approximately 93—95 % of all costs. Costs for write-off and interest charges, on the other hand, only comprise 2.5—3.5 % and change little whether there are three or six men who utilize the saw.

During the planning of the work one must therefore concentrate on utilizing the maximum production time at working place of the cutters for effective cutting work. It is of little importance to the production of the cutter if this necessitates the power saw being left idle for part of a day.

Figs. 61, 62 and 63 show the increased earnings by using power saw as compared to manual labour. It will be seen that this increase will be greater the smaller the relative height of the trees are, in other words, the less the tree height is. When

the working crew consists of one power saw operator and five crew workmen (fig. 61) the power saw's profit limits lie at $D_{1,3}$ o/b $\geqslant$ 19 cm if the relative height of the trees is 0.8 and at approximately 22 cm if the relative height is 1.4. This applies to cutting of trees with thawed bark on bare ground. If the snow depth in the stand is 4 dm the limit of profitability lies at approximately 2 cm larger breast height diameters.

It is here presupposed that the distance between the trees is 4 meters. At a distance between trees of 8 meters and on bare ground (Fig. 63) the dimension for the limit of profitability is somewhat greater, namely $D_{1,3} \approx 20.5$ cm if the relative height of the tree is 0.8 and approximately 24.0 cm when the relative height is 1.4.

Previously we had calculated under the condition that all dimensions are to be felled and cross cut with power saw. The dimension for the limit of profitability can be somewhat reduced if the power saw is used only for felling when the breast height diameter of the tree is less than approximately 20 cm.

When three men use the power saw together with limit of profitability lies at a breast height diameter of 14—15 cm for cutting when the ground is free of snow. (Fig. 62.) If there is 4 dm of snow in the stand the dimension limit for the profitability of the power saw lies at approximately 16—17 cm. The reason that we get a lower dimension limit with this crew organization is that in this case a certain physiological production increase in include in the calculation.

In order to obtain the greatest possible extra profit with the aid of the power saw and timber cutting it is important to conduct the cutting during periods of little snow and mild weather. One obtains thereby a great easing and simplification of the manual cutting work but to an even greater degree if the cutter carries out the felling and cross cutting with power saw.

With the aid of the power saw the felling work especially will be easier and the cutter will obtain greater daily earnings for medium and large dimensions. This extra earning will be much greater for cutting unbarked timber or if the barking can be simplified, for example, with the use of a suitable barking machine.

On the other hand, the cutter will not achieve any extra

earnings by power saw by cutting small dimensions. Utilization of thinning material of breast height diameters smaller than 1_s cm will therefore be a continued problem which must be solved by other means.

It is important to solve the wage rate question when the power saws are to be used in logging operations. If a number of cutters procure and use a power saw together the question is easy in that the same wage rates as for manual labour can be used.

If, on the other hand, one cutter does the felling and cross cutting for other cutters a wage rate scale for the crew men can be set up in that these will avoid the felling and cross cutting. The power saw operator must have wage rates for his work of felling and cross cutting.

The piece rate payments can also be arranged so that we arrive at the portion of the cubic meter rates which the power saw operator must have as his part taken out of the rate of the other crew members for his work of felling and cross cutting for them.

In both cases one can easily find the distribution of the payment rates between power saw operator and crew members for different densities of marked timber, dimensions, stand types and climatic conditions on the basis of the mathematical functions for cutting work which we have arrived at in this investigation.

LITTERATURFORTEGNELSE

Arbetsfysiologiska Undersøkningen. Studier över tungt kroppsarbete. Stockholm 1948.
Baetzner, W.: Sport- und Arbeits-schäden, Leipzig 1936.
Becker, Jr. F. C.: Power chain Saws and manual crosscut Saws in the Production of Hardwood Logs. TVA. Southern Lumberman. 1946.
Bøje, Ove: Idrettsmedisin, København, 1943.
Carpelan, Greger: Motorsågar och deras anvendning i svenskt skogsbruk SDA·s meddelande nr. 32, Stockholm 1948.
Ezekiel, Mordecai: Methods of Correlation analysis. New York 1930.
Heiss, F.: Vermeidung von Sportschäden am Bewegungsaparat. Leipzig 1938.
Helweg, Johs.: Om funksjonsmyopathiens smerteårsag. København. 1934.
Klem, Gustav: Undersøkelser over granvirkets kvalitet. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen nr. 17. Oslo 1934.
Nenzell, Gustaf: Några resultat från tidsstudier av gagnvirkeshuggning. SDA·s meddelande nr. 22, Stockholm 1946.
Pehrsson, S.: Trädfällning med motorsågen «Hornet». Kungliga Vattenfallsstyrelsen, Stockholm 1948.
— Trädfällning med motorsågen «Jobu». Kungliga Vattenfallsstyrelsen. Stockholm 1948.
Petterson, Henrik: Några synspunkter på metodiken vid korrellationsanalys. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm 1934.
Snedecor, George W.: Statistical Methods, Ames, Iowa 1946.
Värmlands Skogsarbetsstudier: Studier i skogbrukets arbetslära, Stockholm 1943.
Zimmermann, K. G.: Organisationen av motorsågarnas användning. SDA·s meddelande nr. 33. Stockholm 1948.